

REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINARIA

PAKAMUROS

Abril - Junio 2024

Volumen 12 - Nº 2

$$M(t) = M_i + \frac{t}{k_1 + k_2 t}$$

$$SQ = \frac{t}{\frac{w_i}{100}(k_1 + k_2 t)}$$

$$MR = \frac{M - M_e}{M_0 - M_e} = \exp(-kt^n)$$

Una publicación de la Universidad Nacional de Jaén
Junio 2024 | Vol. 12. Número 2 | E-ISSN: 2522-3240 | ISSN: 2306-9805
DOI: <https://doi.org/10.37787/c4y2jd15>

Comité Científico

Director

Dr. Manuel Octavio Fernández Atho

Editor

Dr. Ernesto Hernández Martínez

Miembros

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

Equipo de edición y publicación

Responsable del Proceso Editorial

Ing. Sandra Eloisa Pasapera Campos, Universidad Nacional de Jaén

Edición y maquetación

Lic. Lina Lesli Ruiz Navarrete, Universidad Nacional de Jaén

Traducción

Lic. Zenaida Sánchez Cubas, Universidad Nacional de Jaén

Tópicos aceptados por la revista

Ingeniería
Salud
Educación

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

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

Imagen de portada: ©Vusta de Getty Images Signature y Mediterranean de Gretty Images Signature Pro: www.gettyimages.com.mx

EDITORIAL POR INVITACIÓN

UNA MIRA INTEGRAL A LA CIENCIA

La Revista Científica Pakamuros llega a vuestras manos con el espíritu multidisciplinar de presentar diversas respuestas sobre las múltiples incógnitas que el quehacer científico se hace sobre cómo mejorar y aportar al estado de bienestar que la Nación debe construir para sus ciudadanos. En este número presentamos temas de nuestro pasado a través del estudio de arqueología en Amazonas, hasta temas de necesidad actual en el sector de alimentos como cuál es la incidencia de la Varroa en abejas en Satipo-Junín; como mejorar la conservación de tomate por medio de tecnologías emergentes o como reducir el impacto ecológico de la producción agroindustrial de plátano a través de la reutilización de residuos. Los temas de salud no nos son ajenos por lo que les presentamos cual es el estado de la dislipidemia asociada a la hipertensión en Cajamarca y cuáles son los riesgos en la construcción del Hospital en San Ignacio – Cajamarca. Siendo el sector económico imprescindible para el desarrollo nacional en este número también presentamos algunas propuestas para el acceso al crédito en Cajamarca, una propuesta para la mejora del proceso productivo del chocolate que es un producto notable en Jaén y como mejorar la vialidad en Jaén proponiendo un esquema de semaforización. Así pues, estimado Lector el presente número cubre un amplio abanico de temas abordados con el rigor científico que requiere el planteo de propuestas factibles y sostenibles a los múltiples aspectos de las necesidades de nuestra Nación y que como tal son la base de la mira holística y científica de vuestra Revista Científica Pakamuros.

"El científico no es aquella persona que da las respuestas correctas; sino aquel quien hace las preguntas correctas" Claude Lévi-Strauss (1908-2009)



Dr. Miguel Ángel Solano-Cornejo
Doctor en Ingeniería de Alimentos
Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo
Facultad de Ingeniería Química e Industrias Alimentarias
Escuela Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8221-7443>

CONTENIDO

ARTÍCULOS ORIGINALES

Propuesta educativa para abordar factores internos y externos limitantes del acceso al crédito financiero en empresas lideradas por mujeres, Cajamarca, Perú	5
Incidencia e infestación por Varroa destructor (Mesostigmata – Varroidae) en <i>Apis mellifera</i> africanizada en colmenas de Alto Villa Victoria, Satipo	18
Culturas ancestrales de la cuenca baja del río Santiago, una aproximación desde la Quebrada Apinkras, en Villa Gonzalo (distrito de Río Santiago, Condorcanqui-Amazonas)	27
Propuesta de mejora en el proceso de elaboración de chocolate de la empresa Sol Norteño, basado en el modelo de gestión Lean Manufacturing	45
Propuesta de sistema adaptativo para intersecciones semaforizadas en la ciudad de Jaén.....	62
Dislipidemia asociada en pacientes con hipertensión arterial atendidos en el centro de salud Ambato Tamborapa- Bellavista, 2023	77
Caracterización de las propiedades mecánicas del bioplástico de almidón de plátano (<i>Musa paradisiaca</i> L.) y compuestos celulósicos de café (<i>Coffea arabica</i> L.)	88
Identificación y evaluación de riesgos en la construcción e implementación del hospital II-1 de San Ignacio – Cajamarca	102
Aplicación de los modelos experimentales de Peleg y Page durante la deshidratación osmótica y el secado convectivo de mitades de tomate (<i>Solanum lycopersicum</i> L.)	115

ARTÍCULO ORIGINAL

Propuesta educativa para abordar factores internos y externos limitantes del acceso al crédito financiero en empresas lideradas por mujeres, Cajamarca, Perú

Proposal to address internal and external factors limiting access to financial credit in women-led enterprises, Cajamarca, Peru

Oscar Tarrillo-Saldaña¹^{*}, Rosa Amable Salcedo-Davalos¹, Jhonner Mejía-Huamán², José Stalin Dávila-Mego³, Arnaldo Sánchez-Chávez³, Milord Idrogo-Gálvez² y Olegario Heiner Cabrera-Cabrera²

RESUMEN

La accesibilidad al crédito financiero para compañías lideradas por mujeres se ve influenciada por un conjunto de factores internos y externos. En este contexto, el estudio tiene como objetivo general elaborar una propuesta educativa para abordar los factores internos y externos limitantes del acceso al crédito financiero en empresas lideradas por mujeres en Cajamarca, Perú. El estudio fue no experimental, transversal, de tipo básica. La muestra fue de 377 empresas, el muestreo fue no probabilístico por conveniencia y la técnica fue la encuesta. Los resultados reflejan la existencia de factores internos predominantes como la falta de historial crediticio (70%), la falta de documentación e información requerida (65%), los altos niveles de endeudamiento (65%) que tienen y la falta de educación financiera (60%) para acceder al financiamiento; y, respecto a los factores externos los más preponderantes son el exceso de requisitos (84%), costos asociados a mantener una cuenta (79%) y la desconfianza en el sistema financiero (62%) que dificultan a tomar un crédito financiero. En definitiva, las mujeres empresarias de Cajamarca afrontan obstáculos tanto internos como externos que impactan negativamente en su capacidad para acceder a financiamiento. Ante esta situación, se ha desarrollado una propuesta específica destinada a superar estas limitaciones.

Palabras clave: crédito financiero, educación financiera, historial crediticio, mujeres empresarias, sistema financiero.

ABSTRACT

Accessibility to financial credit for women-led enterprises is influenced by a set of internal and external factors. In this context, the principal objective of the study is to develop a educational proposal to address the internal and external factors limiting access to financial credit in companies led by women in Cajamarca, Peru. The study was non-experimental, transversal, of a basic type. The sample comprised 377 companies, the sampling was non-probabilistic for convenience and the technique was the survey. The results reflect the existence of predominant internal factors such as the lack of credit history (70%), the lack of documentation and required information (65%), the high levels of debt (65%) and the lack of financial education to access financing (60%); and, regarding external factors, the most predominant are the excess of requirements (84%), costs associated with maintaining an account (79%) and distrust in the financial system (62%) that make it difficult to take out financial credit. Ultimately, women entrepreneurs in Cajamarca face both internal and external obstacles that negatively impact their ability to access financing. Given this situation, a specific proposal has been developed aimed at overcoming these limitations.

Keywords: financial credit, financial education, credit history, businesswomen, financial system.

* Autor para correspondencia

1 Universidad Nacional de Trujillo, Perú. Email: p810209721@unitru.edu.pe, rsalcedod@unitru.edu.pe

2 Universidad Nacional Autónoma de Chota, Perú. Email: jmejia@unach.edu.pe, midrogo@unach.edu.pe, ccabreraoh@gmail.com

3 Universidad César Vallejo, Perú. Email: josestalindavila@gmail.com, arnaldosanchezchavez91@gmail.com

INTRODUCCIÓN

En el ámbito empresarial actual, las mujeres juegan un papel cada vez más significativo, dirigiendo sus propias empresas y fomentando el crecimiento económico. Aunque se han logrado avances, todavía existen obstáculos importantes que las empresas dirigidas por mujeres deben superar para obtener el crédito financiero que es esencial para su crecimiento y desarrollo. En tal sentido, las compañías dirigidas por mujeres tienden a enfrentar dificultades particulares al llegar al mercado, ya que su actividad se desarrolla en un ecosistema financiero y social muy restringido. En particular, tienen menos acceso al crédito, por razón de la falta de conocimiento del sector financiero, la informalidad de su trabajo, o un sesgo explícito o implícito en los procesos de aprobación de crédito.

La falta de financiamiento es uno de los problemas más comunes que enfrentan las pymes tanto en su creación como en su desarrollo, ya que estas normalmente no cuentan con todos los recursos monetarios requeridos para desarrollar sus proyectos.

Se estima que aproximadamente el 70% de las pequeñas y medianas empresas (PYME) propiedad de mujeres enfrentan desafíos importantes debido a la falta de acceso a la financiación que necesitan para expandir sus negocios. Esta falta de recursos financieros representa una brecha crítica que limita todo el potencial y las perspectivas económicas de las empresas propiedad de mujeres. La desigualdad de género en el acceso al crédito formal parece ser uno de los principales obstáculos que impiden a estas empresas aprovechar todas las oportunidades disponibles (Value for Women, 2018).

En este contexto, Auguste y Galetto (2020) muestran que en Argentina existen diferencias significativas en el acceso al crédito entre mujeres y hombres emprendedores, siendo menos las empresas propiedad de mujeres que acceden a financiamiento de inversiones: solo el 20,5% tiene créditos bancarios, frente al 42,9% en Argentina. La diferencia es aún mayor para los hombres y aún mayor para las pequeñas y medianas empresas. De manera similar, en Argentina, se estima que el 17% de las empresas propiedad de hombres tienen limitaciones financieras en comparación con el 60% de las empresas propiedad de mujeres.

Las empresas propiedad de mujeres enfrentan brechas en el acceso al crédito productivo, lo que limita su capacidad de inversión y frena las oportunidades de crecimiento. Sin crecimiento empresarial, las mujeres no sólo quedan excluidas del mercado, sino que también quedan aún más alejadas de cumplir con los criterios de elegibilidad para acceder al crédito y otros servicios financieros (Lazarte, 2022).

Al respecto, Navarrete y Vásquez (2023) resaltan los diversos factores que dificultan o facilitan el acceso a financiamiento de las PYMES mencionados en este estudio, como la asimetría de información, el riesgo crediticio y la calidad de los proyectos de negocios pymes y la experiencia previa del cliente.

De manera similar, Hernández et al. (2021) concluyeron que las mujeres enfrentan tres obstáculos principales a la hora de solicitar un préstamo para comprar una vivienda: ingresos inestables, falta de conocimiento sobre productos y servicios financieros y burocracia excesiva.

De otra manera, Hewa-Wellalage et al. (2021) refieren que las mujeres se han visto afectadas de manera desproporcionada por la pandemia, aunque este estudio muestra cierto sesgo contra las mujeres. Basándose únicamente en el género, las empresarias tenían dos puntos porcentuales más probabilidades que los empresarios de recibir financiación durante la pandemia. Este hallazgo puede resultar algo sorprendente dado que las mujeres empresarias enfrentan barreras específicas relacionadas con el género cuando solicitan financiación.

De manera parecida, Roa (2021) señala que en la literatura de la inclusión financiera se considera que el acceso al crédito es la principal barrera para la inclusión financiera de la mujer, así como para abordar o hacer crecer su negocio, las normas sociales que determinan el rol de la mujer en la familia y en la sociedad limitan el impacto de los programas de acceso al crédito, o a otros productos financieros, sobre el empoderamiento, la empresarialidad y otros resultados económicos y no económicos.

También, Morsy (2020) sostiene que las restricciones del acceso al crédito por las mujeres son de dos tipos: factores de la oferta, los cuales incluyen las altas tasas de interés y las exigencias de garantías. Por otro lado, los factores de demanda abarcan principalmente la baja educación financiera de las mujeres, la aversión al riesgo, los complicados procedimientos de solicitud, el temor a fracasar y las condiciones crediticias desfavorables son los que restringen el acceso al financiamiento para las empresarias africanas, en especial, en el Norte de África. Además, no se encontró que la autoexclusión de las empresarias se relacionara con la solvencia observada de sus empresas y la autoexclusión persistió incluso cuando no había prácticas discriminatorias.

Asimismo, Auguste y Galetto (2020) afirman que el 66% de las mujeres tienen nivel universitario; un 63% de las empresas lideradas por mujeres son propietarias del local, frente a casi 70% en el caso de los hombres, Por otra, casi un 69% de las empresas lideradas por hombres tienen más de 10 años de funcionamiento frente a casi el 53% de las gerenciadas por mujeres; las mujeres empresarias tienen menor nivel de conocimiento de productos financieros que los hombres; el 80,5% de los créditos concedidos a empresas lideradas por hombres poseen una garantía frente a solo 58,8% de los otorgados a empresas lideradas mujeres. De hecho, los requisitos bancarios para la presentación de balances e historial crediticio, la estandarización y la burocracia de las instituciones de crédito son factores que limitan las ofertas a las microempresas propiedad de mujeres.

La mayoría de las mujeres de bajos ingresos desconocen las opciones financieras disponibles para ellas y rara vez tienen conocimientos financieros básicos. Las principales fuentes de información sobre estos

temas son fuentes informales como amigos y familiares. En general, a las mujeres vulnerables les resulta difícil entender cómo elegir productos financieros. En este sentido, las empresas propiedad de mujeres enfrentan desafíos para ganar credibilidad económica. Según el estudio, estos desafíos incluyen la falta de recursos, la falta de experiencia financiera y de gestión, la imposibilidad de acceder al crédito y/o al crédito, la falta de garantías de préstamo, montos de préstamo insuficientes, impuestos elevados y pagos de préstamos (Mukiri y Ondieki-Mwaura, 2019).

Además, Mardones y Zapata (2019) informan que las empresas que invirtieron en la formación de empleados en actividades de I+D el año anterior tienen menos probabilidades de recibir fondos públicos. Además, las empresas extranjeras tienen más probabilidades de recibir préstamos que las empresas chilenas. El hallazgo más sorprendente es que las grandes empresas tienen más probabilidades de recibir financiación pública, lo que resulta contradictorio dado que muchos programas públicos afirman estar destinados a apoyar a las pequeñas empresas.

Además, Trejo (2018) informa que el 30% de los encuestados son conscientes de que el historial crediticio de una empresa determina el acceso al financiamiento, las tasas de interés y los límites al monto de los préstamos. El 71% cree que los requisitos de acceso a financiación no reflejan la capacidad de salida de una empresa ni sus niveles de endeudamiento. El 40% dijo que fueron rechazados. En cuanto a factores externos, el 80% cree que la cultura financiera mejora a medida que aumenta el número de préstamos, el 85% cree que el acceso a la financiación contribuye al desarrollo y crecimiento empresarial y el 38% cree que de 2 a 3 reconoce haber realizado cuatro pagos. De manera similar, Aguilar et al. (2018) describen hallazgos que indican que las empresas propiedad de mujeres son microempresas y se concentran en los sectores comercial y de servicios. Y en la mayoría de los casos, no tienen personalidad jurídica. También hablaremos de medidas de apoyo que las mujeres emprendedoras desconocen. Del mismo modo, Martínez et al (2017) concluyen que el género del directivo y el sector al que pertenece la PYME difiere en importancia según el país analizado. Por otro lado, las variables que miden la antigüedad de una empresa y su forma jurídica no fueron significativas en todos los países de la muestra. En tal sentido, la relevancia de investigar este problema que enfrenta la mujer empresaria, donde las mujeres enfrentan desafíos externos e internos, justifica el estudio sobre los factores limitantes del acceso al crédito financiero en empresas lideradas por mujeres en la región de Cajamarca. Es fundamental no sólo comprender la desigualdad de género sino también reconocer la influencia directa en el desarrollo económico de la región y de la nación. la autonomía financiera y la capacidad decisional. El reto de este estudio es su relevancia ya que no se han realizado investigaciones específicas en el entorno peruano, lo que cerrará una brecha en la literatura sobre género en el contexto empresarial.

En mención a lo indicado, en el presente artículo se plantea desarrollar la pregunta general ¿cuál es la propuesta para abordar los factores internos y externos limitantes del acceso al crédito financiero en empresas lideradas por mujeres en Cajamarca, Perú, 2023 y como pregunta específica ¿cuáles son los factores internos y externos que limitan el acceso al crédito financiero en empresas lideradas por mujeres en Cajamarca, Perú, 2023?; el objetivo general fue elaborar una propuesta para abordar factores internos y externos limitantes del acceso al crédito financiero en empresas lideradas por mujeres en Cajamarca, Perú, 2023 y como objetivo específico consistió en analizar los factores internos y externos que limitan el acceso al crédito financiero en empresas lideradas por mujeres en Cajamarca, Perú, 2023.

MATERIALES Y MÉTODOS

Este estudio adoptó un diseño no experimental de corte transversal, dado que no se manipularon las variables solo se observaron y registraron datos tal como se presentaron en un momento específico, fue de modalidad propositiva con un alcance descriptivo porque buscó describir los factores internos y externos limitantes del crédito financiero y fue de tipo básica porque implicó la generación de conocimientos de carácter teórico.

La región Cajamarca está compuesta por 13 provincias en la que alberga 39 mil micro y pequeñas empresas, de las cuales el 51% está conformado por mujeres (19890 empresas) entre 42 y 43 años de edad. (Gobierno Regional de Cajamarca, 2023). Por lo tanto, la población objetivo para este estudio fue 19890 empresas y la muestra seleccionada fue 377 empresas, determinada a través de la fórmula de poblaciones finitas con un nivel de confianza del 95%, una distribución normal estandarizada ($Z=1.96$), una precisión (E) 5%, probabilidad de ocurrencia (P) 50% y la probabilidad de que no ocurra (Q) ($Q=1-P$) 50%. Como resultado, la unidad de análisis en este estudio fue cada una de las empresas creadas y dirigidas por mujeres en la Región Cajamarca. Asimismo. Por el acceso y la disponibilidad de las personas fundadoras de las empresas, el muestreo empleado fue no probabilístico por conveniencia.

Por otro lado, se utilizó la técnica de la encuesta para recabar los datos de las personas consideradas como muestra en el estudio, con el fin de determinar y explicar los factores limitantes del acceso al crédito financiero de empresas lideradas por mujeres. Además, los datos fueron procesados en Microsoft Excel y presentados a través de tablas. En tal sentido, se empleó la estadística para describir y explicar las características de las empresas gerencias por mujeres y sus dificultades para obtener un financiamiento externo.

También, se abordó aspectos éticos durante la investigación; como es, el consentimiento informado, la confidencialidad de los datos y el manejo ético de la información, garantizando la integridad y el respeto hacia los partícipes del estudio.

RESULTADOS

En el presente apartado, se muestran y analizan resultados obtenidos a través de la exhaustiva indagación respecto a los factores que limitan el acceso al crédito financiero en empresas dirigidas por mujeres en la Región Cajamarca, Perú. Por lo tanto, los datos recopilados, procesados, evaluados y presentados proporcionan una visión minuciosa de los desafíos que enfrentan las empresarias.

En relación al objetivo específico, el cual consistió analizar los factores internos y externos que limitan el acceso al crédito financiero en empresas lideradas por mujeres en Cajamarca, Perú, 2023 los resultados fueron los siguientes:

Tabla 1

Factores internos que limitan el acceso al crédito financiero de las empresas gerenciadas por mujeres

Limitantes internas del crédito financiero	SI		NO		TOTAL	
	Nº	%	Nº	%	Nº	%
Falta de educación financiera	225	60%	152	40%	377	100%
Falta de historial crediticio:	263	70%	114	30%	377	100%
Bajas calificaciones crediticias	199	53%	178	47%	377	100%
Falta de documentación e información requerida	244	65%	133	35%	377	100%
Falta de una garantía	230	61%	147	39%	377	100%
Altos niveles de endeudamiento	246	65%	131	35%	377	100%
Bajos ingresos	199	53%	178	47%	377	100%

Nota. La tabla muestra el número y porcentaje de empresas que señalan las limitaciones internas del acceso al crédito financiero.

La Tabla 1 muestra que el 60% de los encuestados reconoce la falta de educación financiera como una limitante interna para acceder al crédito. Esto indica que la mayoría de los participantes percibe la importancia de contar con conocimientos financieros para obtener acceso a servicios crediticios. El 70% de los encuestados percibe la falta de historial crediticio como una barrera interna. Esto refiere que más de la mitad de los participantes considera que la ausencia de un historial crediticio sólido podría dificultar la obtención de crédito. Un 53% de los encuestados identifica las bajas calificaciones crediticias como una limitante interna. Esto sugiere que existe una preocupación mayoritaria sobre cómo las calificaciones crediticias negativas pueden impactar negativamente en la capacidad de acceder al crédito.

Asimismo, el 65% de los encuestados considera que la falta de documentación e información requerida es una barrera interna. Esto indica que una proporción significativa de participantes siente que la falta de documentación adecuada puede dificultar la solicitud de crédito. Un 61% de los encuestados percibe la falta de una garantía como una limitante interna. Esto apunta que una parte considerable de los participantes considera que la ausencia de garantías podría representar un obstáculo para obtener crédito. El 65% de los participantes identifica los altos niveles de endeudamiento como una limitante interna. Esto indica que existe una preocupación significativa sobre cómo los niveles elevados de endeudamiento podrían afectar negativamente la capacidad de acceder al crédito. Además, un 53% de los encuestados

considera los bajos ingresos como una barrera interna. Esto sugiere que la mayoría de los participantes reconoce que los bajos ingresos pueden ser un factor limitante para acceder al crédito financiero.

En resumen, los resultados refieren que la falta de educación financiera, la falta de historial crediticio, las bajas calificaciones crediticias, la falta de documentación e información requerida, la falta de una garantía, los altos niveles de endeudamiento y los bajos ingresos son limitantes internas percibidas por la mayoría de los encuestados en su búsqueda de acceso al crédito financiero. Estos descubrimientos son esenciales para comprender las barreras internas que enfrentan los participantes al solicitar financiamiento.

Tabla 2

Factores externos que limitan el acceso al crédito financiero de las empresas gerenciadas por mujeres

Limitantes externas del crédito financiero	SI		NO		TOTAL	
	Nº	%	Nº	%	Nº	%
Tasas de interés elevadas	229	61%	148	39%	377	229
Exceso de requisitos	315	84%	62	16%	377	315
Costos asociados a mantener una cuenta	296	79%	81	21%	377	296
Desconfianza en el sistema financiero	232	62%	145	38%	377	232
Inestabilidad política	203	54%	174	46%	377	203

Nota: La tabla muestra el número y porcentaje de empresas que señalan las limitaciones externas del acceso al crédito financiero.

La Tabla 2 muestra el 61% de los encuestados considera que las tasas de interés elevadas representan una barrera externa para el acceso al crédito financiero. Esto indica una preocupación significativa entre la mayoría de los participantes sobre el impacto negativo de las tasas de interés altas en sus posibilidades de obtener crédito. Además, el 84% de los encuestados percibe el exceso de exigencias como una limitante externa. Esto apunta que una proporción considerable de participantes piensa que los requisitos adicionales establecidos por los prestamistas obstaculizan el proceso de conseguir crédito.

Además, un 79% de los encuestados identifica los costos asociados a mantener una cuenta como una barrera externa. Esto indica que más de la mitad de los participantes concibe que los costos relacionados con mantener una cuenta corriente o de ahorros afectan negativamente su capacidad para acceder al crédito. De igual forma, el 62% de los encuestados enuncia desconfianza en el sistema financiero como una restrictiva externa. Esto indica que existe una preocupación significativa entre la mayoría de los participantes sobre la confiabilidad del sistema financiero y su impacto en el acceso al financiamiento. Finalmente, la inestabilidad política es percibida como una barrera externa por el 54% de los encuestados. Esto indica una preocupación mayoritaria sobre cómo la inestabilidad política puede afectar negativamente la disponibilidad y las condiciones del crédito financiero.

En síntesis, los resultados sugieren que las tasas de interés elevadas, el exceso de requisitos, los costos asociados a mantener una cuenta, la desconfianza en el sistema financiero y la inestabilidad política son

factores externos percibidos como limitantes para el acceso al crédito financiero por parte de la mayoría de los encuestados. Estos hallazgos son principales para comprender las barreras externas que afrontan los participantes en su búsqueda de financiamiento.

En relación al objetivo general, el cual consistió en elaborar una propuesta para abordar factores internos y externos limitantes del acceso al crédito financiero en empresas lideras por mujeres en Cajamarca, Perú, 2023, los resultados fueron los siguientes:

Propuesta para abordar los factores limitantes del acceso al crédito financiero para empresas dirigidas por mujeres en la región Cajamarca, Perú

Factores Internos:

1. Falta de Educación Financiera:

- Implementar programas de educación financiera dirigidos específicamente a mujeres empresarias en la región.
- Colaborar con instituciones educativas y organizaciones locales para ofrecer talleres y capacitaciones regulares.

2. Falta de Historial Crediticio:

- Facilitar la creación de historiales crediticios mediante alianzas con entidades financieras que ofrezcan líneas de crédito pequeñas y accesibles.
- Promover el uso de mecanismos financieros como microcréditos para establecer un historial crediticio inicial.

3. Bajas Calificaciones Crediticias:

- Brindar asesoramiento financiero personalizado para ayudar a mejorar las calificaciones crediticias.
- Explorar oportunidades de asociación con agencias crediticias locales para establecer programas de mejora crediticia.

4. Falta de Documentación e Información Requerida:

- Establecer centros de asesoramiento donde las empresarias puedan recibir orientación sobre la documentación necesaria.
- Digitalizar procesos para facilitar la presentación y gestión de documentos.

5. Falta de Garantía:

- Explorar opciones de garantía no convencionales, como avales comunitarios o fondos de garantía específicos para mujeres empresarias.

- Trabajar con entidades gubernamentales para desarrollar programas de garantía que respalden a este grupo.

6. Altos Niveles de Endeudamiento:

- Desarrollar programas de asesoramiento financiero para ayudar a gestionar de manera efectiva el endeudamiento.
- Fomentar la diversificación de fuentes de financiamiento para reducir la dependencia de un solo canal.

7. Bajos Ingresos:

- Implementar programas de fortalecimiento empresarial para aumentar los ingresos de las empresas dirigidas por mujeres.
- Facilitar el acceso a oportunidades de mercado y promover la participación en programas de apoyo gubernamental.

Factores externos:

1. Tasas de Interés Elevadas:

- Abogar por políticas regulatorias que limiten las tasas de interés para empresas dirigidas por mujeres.
- Explorar asociaciones con instituciones financieras comprometidas con tasas de interés competitivas.

2. Exceso de Requisitos:

- Trabajar con entidades financieras para simplificar y transparentar los requisitos para acceder a créditos.
- Abogar por políticas gubernamentales que incentiven la reducción de requisitos para este segmento.

3. Costos Asociados a Mantener una Cuenta:

- Promover cuentas financieras diseñadas específicamente para mujeres empresarias con costos reducidos.
- Colaborar con entidades financieras para eliminar o reducir cargos asociados a cuentas empresariales.

4. Desconfianza en el Sistema Financiero:

- Realizar campañas de concientización para mejorar la confianza en el sistema financiero local.
- Fomentar la transparencia y la comunicación abierta entre las entidades financieras y las empresarias.

5. Inestabilidad Política:

- Monitorear y adaptarse a los cambios políticos, proporcionando orientación a las empresarias sobre cómo mitigar los riesgos asociados.
- Fomentar la participación en iniciativas que aborden la estabilidad política en la región.

DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en la investigación revelan una serie de barreras internas y externas que afectan el acceso al crédito financiero. En la discusión de estos resultados, es concluyente tener en cuenta las perspectivas de diversos autores que han abordado la problemática, ya que ofrecen una visión más extensa y contextualizada de los desafíos que enfrentan diferentes grupos, en especial, las mujeres emprendedoras.

En cuanto a las barreras internas identificadas durante la investigación, el reconocimiento generalizado de la falta de educación financiera (60%) y la percepción de la ausencia de historial crediticio sólido (70%) como limitantes internas sugieren que los participantes son conscientes de la importancia de estos factores para el acceso al crédito. Estos hallazgos coinciden con las conclusiones de Mukiri y Ondieki-Mwaura (2019), quienes destacan la falta de experiencia financiera y gerencial como un desafío para las empresas dirigidas por mujeres.

Asimismo, la preocupación mencionada por los encuestados sobre las bajas calificaciones crediticias (53%), la falta de documentación e información solicitada (65%), la falta de garantía (61%), los altos niveles de endeudamiento (65%), y los bajos ingresos (53%) como barreras internas refleja la complejidad y diversidad de los factores que influyen en la obtención de crédito. Estos resultados se articulan con los análisis conseguidos por Morsy (2020), quien subraya las altas tasas de interés y las exigencias de garantías como factores de oferta, y el bajo nivel de educación financiera y las situaciones crediticias desfavorables como elementos de demanda que afectan el acceso al financiamiento para las empresarias de África.

En cuanto a las barreras externas, la preocupación predominante sobre las tasas de interés elevadas (61%) y el exceso de requisitos (84%) resalta la importancia de factores fuera del control directo de los solicitantes. Estos resultados se relacionan con las conclusiones de Auguste y Galetto (2020), quienes refieren que las mujeres empresarias tienen menor nivel de conocimiento sobre los productos financieros que los hombres y afrontan requisitos bancarios de más rigurosidad.

Asimismo, la percepción de los costos asociados a mantener una cuenta (79%), la desconfianza en el sistema financiero (62%), y la inestabilidad política del país (54%) como barreras externas refleja la complejidad de obtener financiamiento. Estos descubrimientos se relacionan con las conclusiones de Roa

(2021), quien subraya que las normas sociales y la desconfianza en el sistema financiero restringen el impacto de los programas de acceso al crédito para las mujeres.

Los resultados de los autores también destacan la importancia de factores concretos para las mujeres emprendedoras, como la falta de experiencia financiera, los recursos insuficientes y gerencial, y la inaccesibilidad a préstamos/créditos (Mukiri & Ondieki-Mwaura, 2019). Hernández et al. (2021) agregan la burocracia excesiva y la falta de conocimiento de productos financieros como barreras específicas para las mujeres que buscan crédito para adquirir una vivienda.

En síntesis, la investigación y los resultados de los diferentes autores subrayan la complejidad del acceso al crédito financiero, destacando restricciones internas como externas. La interseccionalidad de los desafíos enfrentados por las mujeres emprendedoras resalta la necesidad de enfoques concretos y políticas inclusivas para eliminar estas barreras y promover la equidad en el acceso al crédito financiero.

CONCLUSIONES

La propuesta busca establecer un marco integral para superar los factores identificados en el acceso al crédito financiero para empresas dirigidas por mujeres en la Región Cajamarca. A través de la propuesta, se espera empoderar a las empresarias, fomentar el crecimiento económico y contribuir al desarrollo sostenible de la comunidad.

La investigación destaca que las mujeres empresarias de la región Cajamarca afrontan limitaciones internas sustanciales, demostradas por la falta de educación financiera, la carencia de historial crediticio sólido, bajas calificaciones crediticias, falta de documentación e información, altos niveles de endeudamiento y bajos ingresos económicos y financieros.

El estudio refleja los obstáculos externos considerables que enfrentan las mujeres empresarias de la región Cajamarca, como elevadas tasas de interés, requisitos excesivos, costos asociados a mantener cuentas bancarias, desconfianza en el sistema financiero y la inestabilidad política que afronta el Perú.

La combinación de factores internos y externos subraya la importancia de un enfoque integral. Por lo que, se requiere una estrategia financiera inclusiva equilibrada que no solo capacite a las mujeres empresarias internamente, sino que también aborde las condiciones externas que inciden en su acceso al crédito.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar, M., Tapia, B., & Saavedra, M. L. (2018). *El financiamiento en las empresas dirigidas por mujeres*. <https://investigacion.fca.unam.mx/docs/memorias/2018/10.02.pdf>
- Auguste, S., & Galetto, B. (2020). Género y acceso al financiamiento empresario en Argentina. *Mercados y Finanzas, N° IDB-DP-760*. Banco Interamericano de Desarrollo. Obtenido de Banco Interamericano de Desarrollo.: <https://diariofemenino.com.ar/df/wp-content/uploads/2020/09/Genero-y-acceso-al-financiamiento-empresario-en-Argentina.pdf>
- Gobierno Regional de Cajamarca. (2023). *39 mil micro y pequeñas empresas constituyen el*. Obtenido de <https://www.regioncajamarca.gob.pe/portal/noticias/pdf/6297>
- Hernández, C., Libertun, N., & Acosta, M. E. (2021). Estudio sobre la brecha de género en el acceso al mercado hipotecario de Ecuador. <http://dx.doi.org/10.18235/0003312>
- Hewa-Wellalage, N., Boubaker, S., Hunjra, A. I., & Verhoeven, P. (2021). The gender gap in access to finance: Evidence from the COVID-19 pandemic. *Financ Res Lett*. doi:10.1016/j.frl.2021.102329
- Lazarte, C. (2022). *Inclusión financiera de las mujeres claves para una recuperación transformadora de la economía Post covid 19 en America Latina y el Caribe*. https://lac.unwomen.org/sites/default/files/2022-12/ESP_Brief_Inclusion_Financiera_18JUL22_Maria%20Jesus%20Gonzalez.pdf
- Mardones, C., & Zapata, A. (2019). Determinantes del financiamiento público para la innovación en las empresas chilenas. *Contaduría y Administración, 64*(1), 1-16. doi:<http://dx.doi.org/10.22201/fca.24488410e.2018.1602>
- Martínez, L., Belén, G., Corzo, L., & Vigier, H. (2017). Determinantes del financiamiento externo de las Pymes en el Mercosur. *Revista Venezolana de Gerencia, 22*(80), 672 - 692. doi:10.37960/revista.v22i80.23185
- Morsy, H. (2020). Acceso al financiamiento: ¿Por qué las mujeres no tienen mayor participación? *Finanzas y desarrollo*. <https://www.imf.org/external/pubs/ft/fandd/spa/2020/03/pdf/africa-brecha-de-genero-para-acceso-financiamiento-morsy.pdf>
- Mukiri, E., & Ondieki-Mwaura, F. (2019). Factors affecting women access to credit: a case of women enterprise Fund of Kibera Sub County. *International Journal of Social Science and Humanities Research, 7*, 515-525.
- Navarrete, L. A., & Vásquez, R. M. (2023). *Factores que afectan el acceso al financiamiento en las pequeñas y micro empresas*. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC).

https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/653528/Navarrete_TL.pdf?sequence=10&isAllowed=y

Roa, M. J. (2021). *Normas sociales: la barrera invisible de la inclusión financiera de la mujer*.

Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL):

<https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/12ce6a62-4a55-465f-aac4-0ed7db7b1f3f/content>

Trejo, R. D. (2018). *Factores que limitan el acceso al financiamiento de las micro y pequeñas empresas, clientes de la entidad financiera “Mibanco”, agencia Huaraz, 2018*. Universidad Católica Los Angeles de Chimbote.

<http://repositorio.uladech.edu.pe/bitstream/handle/20.500.13032/12012/>

[Credito_Entidad_FinanCiera_trejo_del_castillo_ruth_diana.pdf?sequence=3&isAllowed=y](http://repositorio.uladech.edu.pe/bitstream/handle/20.500.13032/12012/Credito_Entidad_FinanCiera_trejo_del_castillo_ruth_diana.pdf?sequence=3&isAllowed=y)

Value for Women. (2018). *Comprendiendo las barreras estructurales y el sesgo oculto en el acceso a crédito para empresas lideradas por mujeres*. <https://www.v4w.org/uploads/documents/Report-Hidden-Bias-in-Access-to-Credit-Spanish.pdf>

ARTÍCULO ORIGINAL

Incidencia e infestación por *Varroa destructor* (Mesostigmata – Varroidae) en *Apis mellifera* africanizada en colmenas de Alto Villa Victoria, Satipo

Incidence and infestation by *Varroa destructor* (Mesostigmata – Varroidae) in Africanized *Apis mellifera* in hives of Alto Villa Victoria, Satipo

José Alomía¹, Milagros Gonzales¹, Milciades Baltazar¹, Miriam Cañari¹ y Hebert Estrada¹

RESUMEN

El objetivo fue evaluar la incidencia y porcentaje de infestación del ácaro *Varroa destructor* en condiciones naturales de campo en apiarios manejados entre plantas de café, bajo sombra de paca *Inga edulis*. El estudio se realizó en diciembre a una altitud de 1 502 msnm. Se hizo el muestreo de 9 colmenas elegidas al azar de un total de 25, del cual se tomaron 100 abejas como muestra de cada colmena, los cuales fueron sometidas a una solución de alcohol etílico de 70 grados en un recipiente; todas las abejas mueren y flotan, pero los ácaros quedan al fondo del recipiente para su conteo y luego el cálculo del porcentaje correspondiente. Los resultados muestran que un 55,56% dieron positivo a la presencia de *V. destructor* en las colmenas, mientras que un 44.44% dieron negativo; se encontró un promedio de $1.65\% \pm 2.58\%$ de infestación de *V. destructor* en el total de colmenas de abejas africanizadas evaluadas; mientras que el promedio de infestación en colmenas es de $2.96 \pm 2.91\%$. Estos promedios son considerados bajos.

Palabras clave: colmena, abeja, ácaro, infestación.

ABSTRACT

The objective was to assess the incidence and infestation percentage of the mite *Varroa destructor* mite under natural field conditions in apiaries managed among coffee plants, shaded by *Inga edulis* trees. The study was carried out in December at an altitude of 1,502 m above sea level. Sampling involved 9 randomly selected hives out of 25, from which 100 bees were taken as a sample from each hive, these bees were submerged in a 70-degree ethanol solution in a container; all bees die and float, but the mites remain at the bottom of the container for counting and then calculating the corresponding percentage. The results show that 55.56% tested positive for the presence of *V. destructor* in the hives, while 44.44% tested negative; an average of $1.65\% \pm 2.58\%$ *V. destructor* infestation was found in the total number of Africanized bee hives evaluated; while the average infestation in infested hives is $2.96 \pm 2.91\%$. These averages are considered low.

Keywords: hive, bee, mite, infestation

* Autor para correspondencia

1 Universidad Nacional del Centro del Perú, Email: jalomia@uncp.edu.pe, e_2019100425C@uncp.edu.pe, mbaltazar@uncp.edu.pe, mcanari@uncp.edu.pe, hestrada@uncp.edu.pe

INTRODUCCIÓN

Las abejas son los animales más importantes del mundo, ya que polinizan las plantas y permiten la fecundación y la producción de semillas y alimentos; sin embargo, en los últimos años el hombre ha hecho un desastre en la apicultura al utilizar químicos en la agricultura como son los herbicidas y los insecticidas; a esto se suma los problemas sanitarios de las colmenas, siendo *Varroa destructor* el parásito más perjudicial en las colmenas.

Li et al. (2019), indican que las abejas melíferas desempeñan un papel importante en la polinización de muchos cultivos y plantas silvestres, pero se han enfrentado a grandes amenazas planteadas por diversos patógenos y parásitos. Huamán y Silva (2020) consideran a *V. destructor* el ácaro más peligroso que causa daños en colmenas de *Apis mellifera*, como la disminución significativa o muerte de su población, lo que indica también (Traynor et al., 2020).

Muchos autores señalan la importancia sanitaria de este ácaro, Morfin et al. (2023), *V. destructor* se consideran una de las mayores amenazas para la salud de la abeja. Rinkevich (2020), menciona que *V. destructor* y los virus asociados que transmite afectan colonias de abejas melíferas en los Estados Unidos. Reams y Rangel (2022), indican que el ácaro puede causar desde una importante propagación viral hasta pérdidas masivas de colonias en el mundo.

Respecto al nivel de infestación, Rey (2023), menciona un nivel bajo 22.01% en 70 colmenas, con un nivel medio 60.06% en 191 colmenas en la provincia de Sullana. Corro et al. (2022), concluyen que, en colonias de abejas sin ningún tipo de control, el índice de infestación es más alto cuando está más cerca de poblaciones humanas y el índice de infestación es inverso a la altitud. Mora (2023), indica que la media de infestación en abejas adultas fue de 2.8%, en crías de obreras y zánganos de 2.6% y 45%, respectivamente.

Corro et al. (2022), indican que para la determinación del índice de infestación de *V. destructor* sobre *A. mellifera*, se usó la prueba de David De Jong, conocida como “lavado de abejas”; determinándose que la colonia tuvo un índice de infestación de 7.4 %, lo que indica que se encuentra en una intensidad media, las demás colonias tuvieron un índice de infestación de 3.2%, 3.6% y 2.2% respectivamente, considerada baja.

Por otro lado, Vilarem et al. (2021), mencionan que *V. destructor* es un organismo parásito que se alimenta y vive entre las abejas, además transmite varios virus como el del ala deformada que puede provocar el declive y la muerte de la colonia. Sin embargo, Mora (2023), concluye que existe un potencial de defensa natural en las colmenas, que puede estar asociado a las características medioambientales.

Ramsey et al. (2019), indican que para una mejor comprensión de la asociación de este parásito y su huésped es fundamental para desarrollar prácticas de gestión sostenible. Asimismo, Li et al. (2019), también indican que *V. destructor*, un ectoparásito obligado de las abejas melíferas, se considera el más dañino. En el último siglo, el ácaro pasó del huésped original, la abeja asiática *Apis cerana*, al nuevo huésped, la abeja europea *A. mellifera*.

En cuanto al control, Huamán y Silva (2020), indican que el aceite esencial del árbol de *Schinus molle* puede ser una alternativa ecológica y viable. Airahuacho et al. (2023), seleccionaron colmenas con tasas mayores a 2% de infestación con varroa y aplicó cinco tratamientos (ácido oxálico, timol, vaselina, tabaco y control). Francia (2023), indica que evaluó dos métodos de aplicación del ácido oxálico para el control de *V. destructor* en un colmenar de Cieneguilla con los parámetros de efectividad. Traynor et al. (2020), indican que el ácaro parásito *V. destructor* ha sacudido la apicultura y la polinización industrial. Por su parte, Reams y Rangel (2022), mencionan que en la ecología conductual es necesario estudiar el ácaro antes de que podamos entender su combate y controlar en una escala global.

Díaz et al. (2019), mencionan que, en Chimborazo, Ecuador, se evaluó tres tratamientos para el control de Varroasis en abejas, T1: Ácido Fórmico (al 85%), T2: Ácido Oxálico (al 10% en jarabe de azúcar), T3: Timol (al 99% diluido en aceite de oliva), y un tratamiento control (T0), durante 30 días de aplicación. Sin embargo, Rinkevich (2020), menciona que, debido a las aplicaciones de acaricidas en Estados Unidos, el ácaro ha desarrollado resistencia generalizada a fluvalinato y cumafós.

En cuanto a los métodos de captura, Gregorc y Sampson (2019), indican niveles de infestación por ácaros varroa en colonias de abejas melíferas y el método adecuado y el tiempo para realizar un diagnóstico son importantes para un control eficiente de los ácaros.

La resistencia de abejas puede ser el camino más importante para el control de la varroasis, así, Le Conte et al. (2020), indican que si nos centramos en las diversas poblaciones de abejas melíferas resistentes a la varroa. La genética del ácaro también es importante a considerar, Reams y Rangel (2022), reportan que la genética del ácaro es importante para comprender y desarrollar nuevos métodos de control químico. En cuanto a los virus que transmite el acaro, Morfin et al. (2023), mencionan que un factor importante en la virulencia de *V. destructor* son las proteínas secretadas en su saliva. Li et al. (2019), indican que hay dos haplotipos de *V. destructor*. Es por ello, que esta investigación tuvo como objetivo evaluar la incidencia y porcentaje de infestación del ácaro *Varroa destructor* en condiciones naturales de campo en apiarios manejados entre plantas de café, bajo sombra de paca *Inga edulis*.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se desarrolló en el Centro Poblado de Alto Villa Victoria de la provincia de Satipo, a una altitud de 1 502 msnm, a una Latitud Sur de -11.06919715 y a una longitud Oeste de -74.61458927; la temperatura oscila entre 22 a 25 °C, presenta una precipitación anual que va de 1 300 a 1 500 mm por año. Es el único apiario en esa zona, por la altitud del lugar y el clima de bosque húmedo subtropical lluvioso, lugar de neblina permanente, apto para cultivos finos de café.

Las colmenas se encuentran en medio de un cafetal en producción bajo sombra de paca (*Inga spp.*) lo que ayuda con la floración para las abejas; la caficultura es la actividad principal de la zona y la apicultura una actividad complementaria. De una población de 25 colmenas se tomaron al azar nueve como muestra para el estudio, con una población promedio de 10 000 abejas por colmena para evaluar la varroasis. De cada colmena se tomó 100 abejas para sacrificarlas y evaluar la presencia y conteo de ácaros.

Para el cálculo del porcentaje de infestación o incidencia del ácaro en las abejas se aplica siguiente fórmula:

$$\text{Nivel de infestacion}(\%) = \frac{NV}{NA} * 100$$

Donde:

NV = número de ácaros *Varroa*

NA = número de abejas en la muestra

Los equipos utilizados fueron guantes, overol, ahumador, alza cuadros, lupa entomológica, laptop, cámara celular, balanza gramera. Los materiales usados fueron cepillo, esponja floral, pomo de plástico de 120 ml, plumón, cinta de embalaje.

La investigación fue de tipo básico y nivel descriptivo, ya que son los primeros estudios respecto a la evaluación de la plaga en la zona. Se usó el método de observación insitu de muestras de abejas en un total de nueve colmenas infestadas. Por su parte Airahuacho et al. (2023), también seleccionaron colmenas con tasas mayores a 2% de infestación con varroa y aplicó cinco tratamientos.

La colección de la muestra se hizo en diciembre del 2023 y los análisis de laboratorio se hizo al día siguiente en los laboratorios de SENASA Lima a cargo de un especialista. El método de lavado de abejas consiste en recolectar 100 abejas por colmena e introducirlas en un envase con alcohol etílico de 70 grados; luego cerrar el frasco y agitar unos minutos. Posteriormente, filtrar por una malla para que los ácaros pasen y se recogen en un recipiente claro para contar los ácaros muertos. Todas las abejas mueren con el alcohol. Para el cálculo del porcentaje se toma el número de ácaros encontrados en la muestra de las

100 abejas. Los datos fueron procesados en Excel para hacer la tabla de porcentajes y cálculos de promedio con su desviación estándar correspondiente.

La Figura 1, muestra un cuadro de abejas con cera de la colmena, donde se puede apreciar los equipos de recolección como guantes, escobilla y overol blanco. Las colmenas se encuentran rodeadas de plantaciones de café.

Figura 1

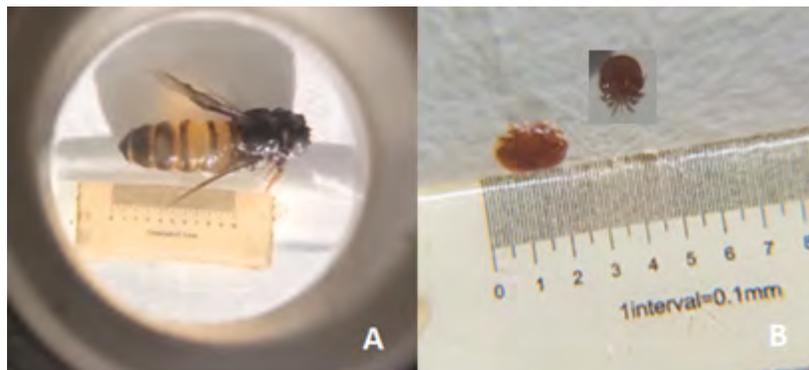
A. Extracción de muestra de abejas de un cuadro de la colmena.



La figura 2 A, muestra la abeja muerta en alcohol cuyo abdomen mide 1 cm, mientras en la figura 2 B el ácaro también muerto en alcohol es de color marrón y mide 1.5 mm.

Figura 2

A. Abeja adulta obrera africanizada. B. Acaro *Varroa destructor*.



RESULTADOS

La figura 3, muestra que de las 9 colmenas evaluadas un 55.56% dieron positivo a la presencia de *Varroa destructor*; mientras que un 44.44% dieron negativo, esto implica que el ácaro está en la mayoría de colmenas evaluadas.

Figura 3

*Porcentaje de infestación positiva y negativa por presencia de *Varroa destructor* e incidencia en colmenas evaluadas.*

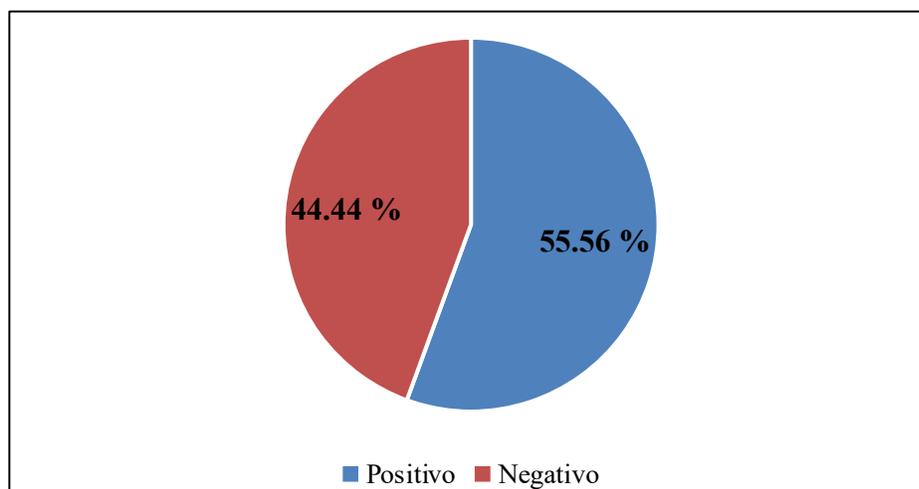


Tabla 1

*Resultados del análisis de la infestación de *Varroa destructor* en colmenas de Centro Poblado de Alto Villa Victoria de la provincia de Satipo.*

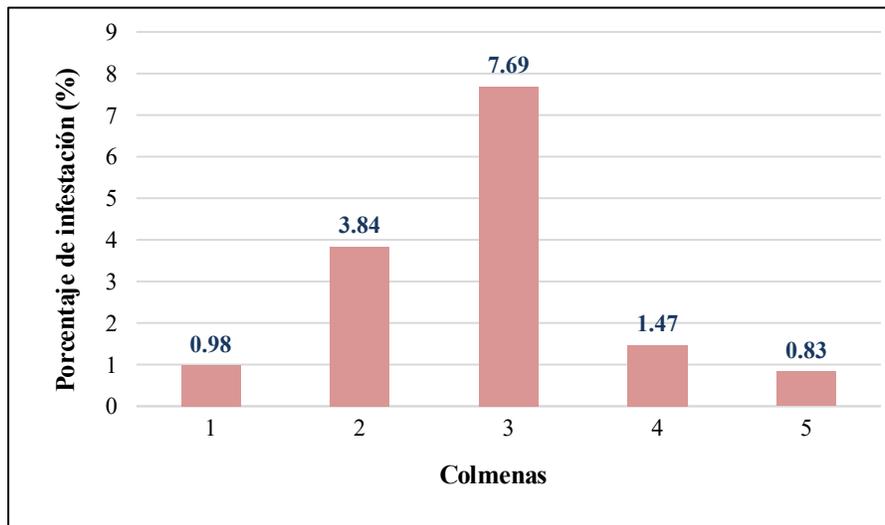
Colmena	Presencia de <i>Varroa destructor</i>	Porcentaje de infestación	Nivel de infestación
1	positivo	0.98	Muy ligera
2	negativo	0	Nula
3	negativo	0	Nula
4	negativo	0	Nula
5	positivo	3.84	Baja
6	positivo	7.69	Alta
7	negativo	0	Nula
8	positivo	1.47	Ligera
9	positivo	0.83	Muy ligera
Promedio		1.65	
Desviación estándar		2.58	

Nota: Los niveles de infestación se clasifican en: 0, Nula; <1, muy ligera; 1 a 4, ligera; 4 a 7, media; 7 a 10, alta; >10, muy alta

La figura 4, muestra el análisis de las colmenas que dieron positivo al ácaro, donde se aprecia que el máximo porcentaje de infestación es 7.69% considerado alto y el menor porcentaje es de 0.83%, que es considerado bajo y muy ligero. Asimismo, el promedio de infestación en colmenas infestadas es de $2.96 \pm 2.91\%$. Este dato también se considera ligero o bajo.

Figura 4

*Porcentaje de infestación en colmenas que dieron positivo a *Varroa destructor*.*



DISCUSIÓN

En Sullana, Rey (2023) identificó un nivel bajo (22.01%) para 70 colmenas, y un nivel medio (60.06%) en 191 colmenas, lo que implica un promedio de 41%, muy cerca a lo encontrado en esta investigación que fue de 44%. Esto implica que la varroasis es un problema tanto en costa como en la selva de Perú. Respecto al nivel de infestación se coincide con Corro et al. (2022) que encontraron el valor máximo de infestación de 7.69% en una de las colmenas; un índice de infestación de 3.2%, 3.6% y 2.2% en otras colmenas, considerada baja. En esta investigación se encontró un rango entre 0.83 y 7.69 % de infestación.

También Mora (2023), indica que la media de infestación en abejas adultas fue de 2.8%, en crías de obreras 2.6%; pero en zánganos de 45%, lo que indica que los zánganos son los portadores de ácaros.

Como señalan Reams y Rangel (2022), en la ecología conductual es necesario comprender de los ácaros, de la varroasis, ya que no es posible continuar con el control químico, sino se debe aplicar el manejo integrado de esta plaga para reducir los acaricidas sintéticos que podrían contaminar la miel y perjudicar a las abejas, así como desarrollar resistencia de los ácaros y generar otros ácaros plaga como consecuencia de las aplicaciones.

Considerando que la varroasis transmite virus y produce la mortalidad de las abejas, como señalan Morfin

et al. (2023), es necesario investigar el tema. Si bien es cierto que la infestación es baja por el momento, esto se debe a que la raza es africanizada; sin embargo, la plaga puede ir aumentando y vulnerando la resistencia de la raza. Asimismo, al transmitir virus se sabe que son varios tipos de virus, lo cual también es un peligro para las colmenas.

CONCLUSIONES

Los resultados muestran una prevalencia de 55.56% que dieron positivo a la presencia de *Varroa destructor* en las colmenas, mientras que un 44.44% dieron negativo; se encontró un promedio de $1.65 \pm 2.58\%$ de infestación de *Varroa destructor* en el total de 25 colmenas de abejas africanizadas evaluadas; mientras que el promedio de infestación en colmenas infestadas es de $2.96 \pm 2.91\%$. En ambos casos estos promedios son considerados bajos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Airahuacho Bautista, F., Jiménez Torres, V., Rubina Airahuacho, S., y Velásquez Vergara, C. (2023). Evaluación de productos alternativos naturales en el control de la *Varroa destructor* en abejas melíferas (*Apis mellifera*). *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 34(3). http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1609-91172023000300012&script=sci_arttext
- Corro, J. L. P., Ibañez, J. C. A., y Alfaro, S. M. V. (2022). Determinación del índice de infestación por *Varroa destructor* en colonias de *Apis mellifera*, en condiciones naturales. *Ambiente, Comportamiento y Sociedad*, 5(1), 55-68. <https://revistas.unsaac.edu.pe/index.php/ACS/article/view/799>
- Díaz-Monroy, B., Moyón-Moyón, J., y Baquero-Tapia, M. F. (2019). Evaluación de tres alternativas para el control de varroasis (*Varroa destructor*) en apiarios ecuatorianos. *Ciencia y Agricultura*, 16(1), 63-78. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=560059292005>
- Francia Dávila, G. R. (2023). Métodos de aplicación del ácido oxálico en colonias de abejas melíferas (*Apis mellifera*) para el control del ácaro (*Varroa destructor*). <https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/6094>
- Gregorc, A. y Sampson, B. (2019). Diagnóstico del ácaro varroa (*Varroa destructor*) y control sostenible en colonias de abejas melíferas (*Apis mellifera*): una revisión. *Diversidad*, 11 (12), 243. <https://www.mdpi.com/1424-2818/11/12/243>
- Huamán, N., y Silva, G. (2020). Efecto acaricida de aceite esencial de molle (*Schinus molle*) en el control de *Varroa destructor* en colmenas de abejas (*Apis mellifera*). *Agroindustrial Science*, 10(2), 145-151. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8085649>
- Le Conte, Y., Meixner, MD, Brandt, A., Carreck, NL, Costa, C., Mondet, F. y Büchler, R. (2020).

- Distribución geográfica y selección de abejas melíferas europeas resistentes a *Varroa destructor*. *Insectos* , 11 (12), 873. <https://www.mdpi.com/2075-4450/11/12/873>
- Li, W., Wang, C., Huang, ZY, Chen, Y. y Han, R. (2019). Reproducción de distintos genotipos de *Varroa destructor* en crías de abejas obreras. *Insectos* , 10 (11), 372. <https://www.mdpi.com/2075-4450/10/11/372>
- Mora Guzman, J. (2023). Infestación por *Varroa destructor* en tres Apíarios del Municipio de Arauca. <https://hdl.handle.net/20.500.12494/48388>
- Morfin, N., Goodwin, PH y Guzmán-Novoa, E. (2023). *Varroa destructor* y sus impactos en la biología de las abejas melíferas. *Fronteras en la ciencia de las abejas* , 1 , 1272937. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/frbee.2023.1272937/full>
- Ramsey, S.D., Ochoa, R., Bauchan, G., Gulbranson, C., Mowery, J.D., Cohen, A., ... y vanEngelsdorp, D. (2019). *Varroa destructor* se alimenta principalmente de tejido corporal graso de las abejas y no de hemolinfa. *Actas de la Academia Nacional de Ciencias* , 116 (5), 1792-1801. <https://www.pnas.org/doi/abs/10.1073/pnas.1818371116>
- Reams, T. y Rangel, J. (2022). Entendiendo al enemigo: una revisión de la genética, el comportamiento y la ecología química de *Varroa destructor*, el ácaro parásito de *Apis mellifera*. *Revista de ciencia de insectos* , 22 (1), 18. <https://academic.oup.com/jinsectscience/article/22/1/18/6523143>
- Rey Roa, S. A. (2023). Prevalencia de *varroa destructor*, en colmenas de abejas (*Apis mellifera*) de la Provincia de Sullana, 2023. <https://repositorio.unheval.edu.pe/handle/20.500.13080/9318>
- Rinkevich, F.D. (2020). Detección de resistencia al amitraz y reducción de la eficacia del tratamiento en el ácaro *Varroa*, *Varroa destructor*, dentro de operaciones de apicultura comercial. *Más uno* , 15 (1), e0227264. <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0227264>
- Traynor, K.S., Mondet, F., de Miranda, J.R., Techer, M., Kowallik, V., Oddie, M.A., ... y McAfee, A. (2020). *Varroa destructor*: un parásito complejo que paraliza a las abejas melíferas en todo el mundo. *Tendencias en parasitología* , 36 (7), 592-606. [https://www.cell.com/trends/parasitology/fulltext/S1471-4922\(20\)30101-X](https://www.cell.com/trends/parasitology/fulltext/S1471-4922(20)30101-X)
- Vilarem, C., Piou, V., Vogelweith, F. y Vétillard, A. (2021). *Varroa destructor* del laboratorio al campo: perspectivas de control, biocontrol y MIP: una revisión. *Insectos*, 12 (9), 800. <https://www.mdpi.com/2075-4450/12/9/800>

ARTÍCULO ORIGINAL

Culturas ancestrales de la cuenca baja del río Santiago, una aproximación desde la Quebrada Apinkras, en Villa Gonzalo (distrito de Río Santiago, Condorcanqui-Amazonas)

Ancestral cultures of the lower basin of the Santiago River, an approach from the Apinkras Creek, in Villa Gonzalo (district of Río Santiago, Condorcanqui-Amazonas)

Anthony Alex Villar Quintana¹, Idelfonso Tii Impi² y Junias Antich Petsa³

RESUMEN

Con la presente investigación nos sumergimos en un área escasamente conocida por la arqueología amazónica y peruana, la cuenca del río Kanus o Santiago, el área limítrofe entre la Zona Subandina y el llano amazónico. A través del reconocimiento de un sitio arqueológico en la Quebrada Apinkras, territorio actual de la comunidad wampis de Villa Gonzalo (distrito de Río Santiago, Condorcanqui-Amazonas) y un posterior análisis del material cultural asociado, buscamos aproximarnos a la antigüedad y la caracterización de las sociedades que elaboraron dichos objetos durante su permanencia en la zona. De esta manera, identificamos que nuestra zona de estudio se encontraba inserta dentro de una gran área de interacción, principalmente en la Amazonía, en fechas aun no identificadas de manera precisa, pero ubicadas en un periodo o periodos dentro de los años 2000 a.C. y 400 d.C.

Palabras clave: Arqueología amazónica, río Santiago, cerámica, Quebrada Apinkras, Villa Gonzalo.

ABSTRACT

In this research we dive into an area scarcely known by Amazonian and Peruvian archaeology, the Kanu sor Santiago River basin, the border area between the Sub-Andean Zone and the Amazonian plain. Through the recognition of an archaeological site in Apinkras Creek, current territory of the Wampis community of Villa Gonzalo (district of Río Santiago, Condorcanqui-Amazonas) and a subsequent analysis of the associated cultural material, we seek to approach the antiquity and the characterization of the societies that elaborated these objects during their permanence in the area. In this way, we identified that our study area was situated within a large area of interaction, mainly in the Amazon, at dates not yet precisely identified, but I estimated to have occurred between 2 000 BC and 400 AD.

Keywords: Amazon Archaeology, Santiago River, ceramics, Apinkras Creeks, Villa Gonzalo.

* Autor para correspondencia

1 Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Perú. Email: anthony.villar@unmsm.edu.pe; anlex1234@gmail.com

2 Pueblo Awajun, Perú. Email: impitii_77@hotmail.com

3 Universidad Nacional Intercultural de la Amazonía. Pueblo Wampis, Perú. Email: futuro_teologo2020@hotmail.com

INTRODUCCIÓN

La cuenca del río Kanus o Santiago corresponde al resultado de la evolución continental, a través de los diferentes procesos de la Tectogénesis Andina, ubicándose en el Bloque Andino del Norte, que corresponde a la zona de transición entre los Andes Septentrionales y Centrales (Sánchez et al., 2005). Desde el punto de vista morfoestructural dicha cuenca se emplaza en la Zona Subandina, limitando por el oeste con la margen este de la Cordillera Oriental, a través de la falla Almendro-Jumbilla y por el este con la cordillera anticlinal de Campanquiz o Kutukú y el llano amazónico, a través de la falla Borja (Chacaltana et al., 2012).

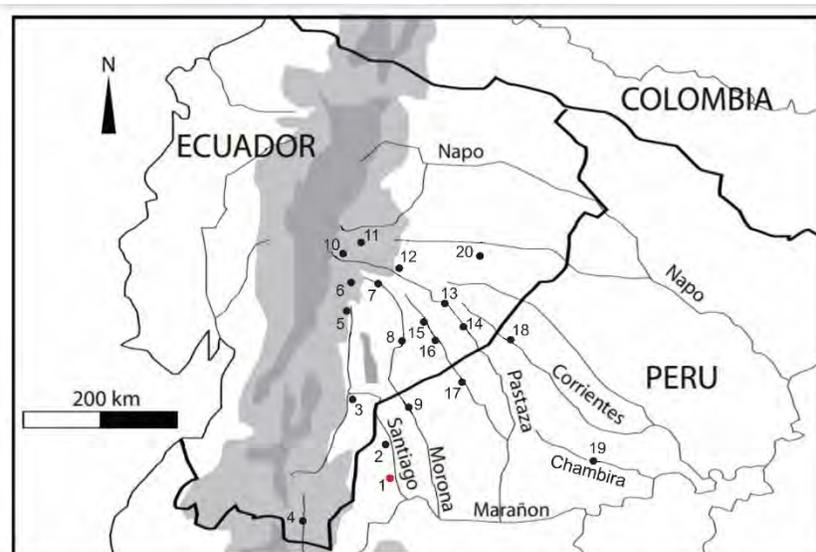
El Kanus o Santiago se origina en la confluencia de los ríos Zamora y Namangosa, en la cordillera andina ecuatoriana, y desciende hasta territorio peruano para alimentar las aguas del río Marañón, por su margen izquierda y muy cerca del Pongo de Manseriche (aguas arriba), donde las aguas del Marañón cortan la cordillera de Campanquiz (Chacaltana et al., 2012; Díaz et al., 2017). Dicho río es navegable, sobre todo en su cuenca media y baja, con un clima húmedo y cálido, cuya temperatura media anual oscila entre los 22° y 17 °C. En su recorrido existen islas y deposiciones de materiales detríticos, con grandes bancos de arcillas que son usadas como materia prima para la elaboración de cerámica. En esta cuenca además se ubican dos de los recursos salíferos identificados en la provincia amazonense de Condorcanqui: Onanga (salmuera o agua sal) y Yujagkin (sal mineral en domos salinos) (Díaz et al., 2017).

En relación a las investigaciones arqueológicas realizadas en dicha cuenca, estos son muy escasas en contraste a áreas próximas como en el valle del Upano (Ochoa et al., 1997; Pazmiño, 2009, 2021; Porras, 1987a, 1987b; Rostain, 1999, 2006, 2010; Rostain y Pazmiño, 2013; Rostain et al., 2024; Salazar, 1998a; 1998b; 2008), y las cuencas próximas de los ríos Morona y Pastaza (Athens, 1986; Cabrero, 2018, 2023; Cabrero et al., 2022; DeBoer et al., 1977; Duche y de Saulieu, 2009; Mogrovejo, 2019; Porras, 1975, 1987b; Rivas, 2007; Rivas et al., 2008; Rostain et al., 2014; Rostain y de Saulieu, 2019; Rostoker, 2005; de Saulieu, 2006, 2012, 2013; de Saulieu y Rampón, 2006; de Salieu y Duche, 2007). Los pocos trabajos arqueológicos publicados respecto a la cuenca del río Santiago corresponden al lado ecuatoriano (cuenca alta), donde Pedro Porras (1978) realizó importantes investigaciones enfocadas en Cueva de los Tayos, considerándolo como un espacio ceremonial de aproximadamente 1500 años a.C., con evidencias de una interacción entre distintos sitios de los Andes y la Costa. Posteriormente, Paulina Ledergerber (1995, 2006) realizó prospecciones y excavaciones en los sitios de Cushapucu, Misión Santiago y Mayalico, donde identificó una gran variedad cerámica que sugirió la existencia de ocupaciones humanas continuas, que interactuaron con distintas áreas de la Costa, los Andes y la Amazonia. Por su parte, María Ugalde

(2011, 2012) registró más de un centenar de piedras con petroglifos en Catazho, en la cuenca alta del Santiago, y considero que dichas representaciones serían productos de al menos dos sociedades.

Figura 1

Mapa de ubicación de Quebrada Apinkras y otros sitios arqueológicos en cuencas aledañas. 1: Apinkras, 2: Candungos, 3: Cueva de los Tayos, 4: Santa Ana-La Florida, 5: Región del Upano, 6: Chiguasa, 7: Taisha, 8: Pumpuentsa, 9: Vargas Guerra y Sargento Puño, 10: Mera, 11: Km. 26 en la vía de Puyo a Napo, 12: Copataza, 13: Charapacocha, 14: Sharamentza, 15: Wasak Entza, 16: Huasaga, 17: Kamihun, 18: Región del Corrientes, 19: Región del Chambira, 20: Pindo Yacu.



Nota. Mapa modificado por Anthony Villar en base a de Salieu y Duche 2007.

En el lado peruano las referencias arqueológicas publicadas sobre dicha cuenca corresponden por lo general a menciones (Morales, 2019; Rivas, 2007; Rivas et al., 2008), algunas con referencias y dibujos de materiales culturales provenientes de Las Salinas (distrito de Nieva), Papayacu (distrito de Río Santiago) y Achu (distrito del Cenepa), registrados por José María Guallart (1990). Asimismo, cabe resaltar que en el año 2006 Oliver Fabre y Manuel Malaver dirigieron pioneras excavaciones arqueológicas en Candungos, sitio ubicado en la cuenca media del río Santiago y cuyos datos se encuentran en proceso de publicación (Malaver, enero de 2024, comunicación personal).

Es en la cuenca baja del río Santiago (próxima a su cuenca media), en su margen derecha, donde se ubica la Quebrada Apinkras. Geopolíticamente forma parte del territorio de la comunidad wampis de Villa Gonzalo, distrito de Río Santiago, provincia de Condorcanqui (Amazonas-Perú) (Figura 1 y Figura 2). En este sitio fueron reportados objetos arqueológicos de cerámica hallados por pobladores de la zona en 2023, quienes refieren que dichos materiales fueron expuestos por la crecida de las aguas que discurren por esta quebrada. De esta manera, el presente trabajo tiene como objetivo caracterizar dichas muestras

arqueológicas, con el objetivo de aproximarnos a su cronología y a ciertos aspectos sociales como su economía y áreas de interacción.

Figura 2

Mapa de ubicación de Apinkras en relación a otros sitios arqueológicos y fuentes de sal en la cuenca del río Santiago.



Nota. Mapa elaborado por Anthony Villar mediante el software Google Earth.

MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación, corresponde a un primer paso para la realización de estudios más profundos al respecto. De esta manera, se realizó un reconocimiento de la zona de estudio y se registraron los objetos cerámicos hallados por los pobladores de la comunidad wampis de Villa Gonzalo. El registro de los materiales cerámicos fue realizado mediante tomas fotográficas y el reconocimiento tanto de formas como decoraciones. Este primer registro cerámico nos permitió identificar ciertas relaciones entre la Quebrada Apinkras y otros sitios ubicados tanto en la cuenca del río Santiago como en otras áreas de los Andes y la llanura amazónica (entre estos últimos las cuencas del Morona, Pastaza y Chambira), y a su vez discutir acerca de su antigüedad. Asimismo, a través de la elaboración de un mapa que incluye la ubicación de recursos salinos en la cuenca del río Santiago procedimos a realizar ciertas apreciaciones acerca del emplazamiento de los sitios y su relación con estos importantes recursos naturales (Figura 2).

RESULTADOS

Quebrada Apinkras y gran parte del territorio wampis de Villa Gonzalo, corresponde a llanuras aluviales, que podrían categorizarse como várzeas. El aumento del flujo hídrico en esta quebrada erosiona ambas márgenes, y en épocas de estiaje los materiales arqueológicos son observables (Figura 3). El presente trabajo caracteriza un total de 23 piezas cerámicas, correspondientes a 17 botellas (Figura 4, Figura 5 y

Figura 6), un objeto de función desconocida (Figura 8.1 y 8.2), dos fragmentos de vasijas restringidas con diseños incisos sobre superficies en altorrelieve (Figura 8.3 y 8.4) y tres fragmentos de cántaros con bordes convergente convexos (Figura 9).

Figura 3

Una de las márgenes erosionadas por las aguas de la Quebrada Apinkras, donde fueron hallados los materiales arqueológicos estudiados.

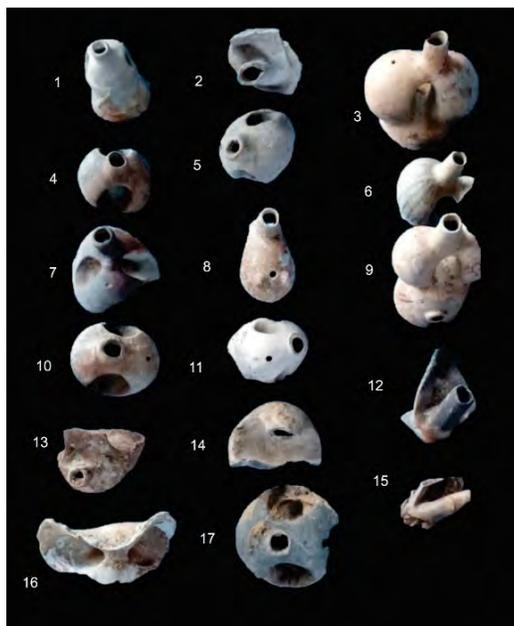


Nota. Fotografía capturada por Idelfonso Tii.

Basándonos en las formas, las 17 botellas podrían subdividirse como mínimo en cinco tipos. El primero de estos correspondía a botellas con asa estribo alargada de manufactura rústica (Figura 4.1 y Figura 5) similar a las registradas en Mashingashi (en la subcuenca del río Chapuli, tributario del río Pastaza) (Rivas, 2007; Rivas et al., 2008). El segundo tipo corresponde a botellas con asa estribo globular alargada de manufactura fina (Figura 4.3, 4.6, 4.9 y Figura 6), algunas con diseños pintados en líneas y cuyo tipo también es observado en Chambira (en la cuenca homónima) (Morales, 2019) y Watza-Kentza (subcuenca del río Huasaga, tributario del Pastaza) (Malo, 2013). El tercer tipo corresponde a botellas con asa estribo globular achatada (Figura 4.4, 4.5, 4.7, 4.10, 4.14 y 4.17), que por lo general comprenden “botellas silbadoras”, y cuya forma es observada en la cuenca del Upano (Porras, 1987a) (tributario norteño del río Santiago), en la del río Pastaza, en sitios del Transkutuku (Cabrero, 2023; Rostain y de Saulieu, 2013; Rostain y de Saulieu, 2019), así como en Copataza, Charapacocha (de Saulieu y Duche, 2007; Saulieu y Rampón, 2006; Duche y de Saulieu, 2009), Cocha Antonieta (Rivas, 2007), Patukmai y Watza-Kentza (Cabrero, 2023; Malo, 2013; Valdez, 2013), estas tres últimas en la subcuenca del río Huasaga (afluente del Pastaza).

Figura 4

Fragmentos de botellas hallados en la Quebrada Apinkras.



Nota. Lamina elaborada por Anthony Villar, en base a la fotografía de Idelfonso Tii.

Figura 5

Botella con asa estribo alargada de manufactura rustica, hallada en la Quebrada Apinkras.



Nota. Lamina elaborada por Anthony Villar, en base a la fotografía de Idelfonso Tii.

El cuarto tipo concierne a botellas con asa puente cintada (probablemente lateral) que al parecer presentaban un solo pico (Figura 4.2, 4.12, 4.13, 4.15). Botellas similares han sido registradas en el Chambira (cuenca homónima) (Morales, 1992, 1998, 2019), San Antonio (cuenca del Napo) (Arellano, 2013), en el Km 26 de la vía Puyo-Napo (entre las cuencas de los ríos Pastaza y Napo) (Duche y de Saulieu, 2009), y en la cuenca del Upano (Porrás, 1987a). Y por el último, el quinto tipo corresponde a una botella silbadora de un pico con un asa lateral globular (Figura 4.8), similar a las observadas en el Upano (Porrás, 1987a), tributario del río Santiago, y en sitios de la cuenca del Pastaza, como Copataza (Duche y de Saulieu, 2009), Watza-Kentza (Saulieu y Rampón, 2006), y Lago Anatico (Rivas 2007; Rivas *et al.*, 2008), estas dos última en la subcuenca del río Huasaga.

Cabe resaltar que, aguas arriba de Villa Gonzalo, a través del río Santiago, los pobladores de Candungos hallaron una botella de cuerpo globular, asa puente y triple pico, con diseños escultóricos modelados de rostros antropomorfos en dos de estos (Figura 7), que podría considerarse como un sexto tipo. Dichos diseños escultóricos también son observados en Cueva de los Tayos (Porras, 1978, 1987b), en la cuenca alta del Santiago, y en su tributario más norteño, el Upano (Porras, 1987a).

Figura 6

Botellas con asa estribo globular alargada de manufactura fina, con diseños pintados en líneas, halladas en Quebrada Apinkras.



Nota. Lamina elaborada por Anthony Villar, en base a las fotografías de Idelfonso Tii.

Entre los otros materiales cerámicos registrados se observa un posible sello en forma de “t” con diseños lineales incisos (Figura 8.1 y 8.2), 2 fragmentos de cuerpos correspondientes a vasijas restringidas con diseños incisos en superficies de altorrelieve, correspondientes a círculos dispuestos horizontalmente (Figura 8.3), y círculos con punto central (Figura 8.4). Por último, también se observaron 3 fragmentos de cántaros con bordes convergente convexos y aplicaciones circunferenciales con incisiones cortantes verticales (Figura 9).

En relación a los recursos naturales de la cuenca del río Santiago, contamos con una gran variedad de flora y fauna, de hábitat acuática y terrestre, los cuales habrían servido como alimentos, medicina y en la fabricación de ciertos utensilios. Por su parte, entre los recursos minerales de la zona, destacan las fuentes de arcilla, como el de la ocurrencia Belén donde diversas especies de aves (en especial loros y papagayos) se alimentan a diario y las comunidades nativas aledañas extraen la arcilla para elaborar cerámica por su calidad, lo cual fue confirmado mediante análisis químico y difracción de rayos X. Asimismo, de las dos fuentes de sal (Figura 2) identificadas en esta cuenca, la de Onanga (salmuera o agua salina) se encuentra próximo a Candungos (a 12 Km de distancia), y Yujagkin (con domos salinos de considerable tamaño) se ubica a 30 kilómetros de Apinkras y Villa Gonzalo (Díaz et al., 2017).

Figura 7

Botella de cuerpo globular, asa puente y triple pico con diseños escultóricos de rostros antropomorfos, hallada en Candungos.



Nota. Lamina elaborada por Anthony Villar, en base a las fotografías de Celso Petsain.

DISCUSIÓN

La mayor parte de los fragmentos de cerámica procedentes de Quebrada Apinkras y descritos en el presente artículo corresponden a botellas, cuyas formas son características de las cuencas amazónicas que alimentan el Bajo Marañón, en el Alto Amazonas, sobre todo por su margen izquierda (ríos Santiago, Morona, Pastaza, Chambira, Napo, etc.). Dicha zona abarca el área actual del oriente del norte peruano y sur ecuatoriano; sin embargo, aún es complicado conocer si estas formas de botellas comprendían un lapso específico de tiempo o si contaban con un desarrollo más largo, y es mucho más complejo aun determinar si existe una relación directa entre estos y los demás objetos cerámicos registrados, como los que presentan impresiones circulares y de círculos con puntos (Figura 8) o los cantaros con bordes convergentes convexos y apliques circunferenciales con incisiones (Figura 9).

Figura 8

Objeto en forma de “t” (1 y 2) y fragmentos de vasijas restringidas con diseños inciso sobre superficies en alto relieve (3 y 4).



Nota. Lamina elaborada por Anthony Villar, en base a las fotografías de Idelfonso Tii.

Figura 9

Fragmentos de cántaros con bordes convergente convexos y aplicaciones circunferenciales con incisiones cortantes.



Nota. Lamina elaborada por Anthony Villar, en base a la fotografía de Idelfonso Tii.

Es probable que las diferencias en los fragmentos cerámicos registrados correspondan a distinciones por fases dentro de una secuencia. De esta manera, la cerámica con decoraciones impresas de círculos con puntos nos recuerda a alfares de distintos sitios entre los 1200 y 250 a.C. (con mayor énfasis entre 800 y 250 a.C.) en los Andes Centrales, como Kotosh (Izumi y Sono, 1963), Chavín (Burger, 1998; Rick et al., 2009), Pacopampa (Morales, 1980; Rosas y Shady, 1970), entre otros. Dicho motivo también es observado en los Andes Septentrionales en sitios como Catamayo y Santa Ana-La Florida, este último entre los 2450 o 2200 y 1530 a.C. en el Chinchipe (Valdez, 2011, 2016), cuenca próxima al Santiago (Figura 1). De esta manera, sin una forma clara de la vasija que presenta dicho diseño no podemos argumentar una antigüedad específica para los ejemplares de Apinkras.

Por su parte, los tipos de botellas descritas líneas arriba, presentan propuestas cronológicas de distintos investigadores, que permiten aproximarnos a la antigüedad de su elaboración y distribución (Tabla 1). De esta manera, es importante mencionar las consideraciones cronológicas de Pedro Porras (1978) en relación a Cueva de los Tayos, en la cuenca alta del Santiago, donde se observan botellas similares a las de Candungos. Si bien, estos contextos presentan escasos datos sobre las excavaciones, cuentan con fechados radiocarbónicos y termoluminiscencia que oscilan entre los 1500 y 700 años a.C. Asimismo, en el valle del Upano dicho investigador identificó botellas de cerámicas de los tipos registrados en Apinkras y Candungos, las cuales correspondían a su fase Upano I y cuya antigüedad asignada en base a fechados radiocarbónicos oscilan entre los 1100 y 120 a.C. (Porras, 1987a). Por su parte, Daniel Morales registró algunos de estos tipos de botellas en el Chambira, asignándoles una antigüedad de 1550 a 50 a.C. (Morales, 1998a), y posteriormente indica la existencia de fechados radiocarbónicos de 2000 a.C. (Morales, 2019). En la cuenca del río Pastaza, Geoffroy de Saulieu y Lino Rampón (2006) plantearon una

antigüedad tentativa de 700 a.C. a 400 d.C. para sus símiles en Copataza y Charapacocha. Mientras que Santiago Rivas, Ada Mediana, Julio Abanto, Richer Ríos y Corina Caldas (2008) consideraron una antigüedad de 1000 años a.C. en adelante para botellas de Mashingashi (subcuenca del Chapuli), Cocha Antonieta y Lago Anatico (subcuenca del Huasaga). Por su parte, en la cuenca del río Napo, Jorge Arellano (2013) planteó una antigüedad entre 1450 y 750 a.C. para uno de estos tipos de botellas en San Antonio. Mientras que Carlos Duche y Geoffroy de Saulieu (2009) consideraron una antigüedad de 700 a.C. a 400 d.C. para el sitio Km 26 de la vía Puyo-Napo (entre las cuencas del Pastaza y Napo).

De esta manera, y como se observa en la Tabla 1, las consideraciones cronológicas para el primer tipo de botella (Asa estribo alargada de manufactura rustica) corresponde a los 1000 a.C., para el segundo tipo (Asa estribo globular alargada de manufactura fina) 2000 años a.C., el tercero (Asa estribo globular achatada) oscila entre los 1100 a.C. y 400 d.C., la cuarta (Asa puente cintada) entre los 2000 a.C. y 400 d.C., la quinta (botella de un pico con asa lateral globular) entre los 1100 a.C. y 400 d.C., y la sexta (Picos con rostros modelados) entre 1500 y 700 años a.C.

Tabla 1

Tipos de botella hallas en Apinkras y sus símiles en otros sitios, con atribuciones cronológicas en ciertos casos.

Sitios	Tipo de botella					
	Asa estribo alargada de manufactura rustica	Asa estribo globular alargada de manufactura fina	Asa estribo globular achatada	Asa puente cintada	Un pico con asa lateral globular	Picos con rostros modelados
Cueva de los Tayos						1500-700 a.C. (Porras 1978: 63-64)
Chambira		2000 a.C. (Morales 2019: 57)		2000 a.C. (Morales 2019: 57)		
Mashingashi	1000 a.C. - ¿? (Rivas et. al. 2008: 276)					
Watza-Kentza		x	x		x	
Copataza			700 a.C. - 400 d.C. (de Saulieu y Rampón 2006: 56)		700 a.C. - 400 d.C. (de Saulieu y Rampón 2006: 56)	
Charapacocha			700 a.C. - 400 d.C. (de Saulieu y Rampón 2006: 56)			
Cocha Antonieta			1000 a.C. - ¿? (Rivas et. al.			

	2008: 278)			
Patukmai	x			
San Antonio	1450-750 a.C. (Arellano 2013: 199-200)			
Km 26 de la vía Puyo-Napo	700 a.C. - 400 d.C. (Duche y de Saulieu 2009: 133)			
Upano	1100-120 a.C. (Porras 1987a: 297)	1100-120 a.C. (Porras 1987a: 297)	1100-120 a.C. (Porras 1987a: 297)	1100-120 a.C. (Porras 1987a: 297)
Lago Anatico	1000 a.C. - ¿? (Rivas et. al. 2008: 278)			

Aunque existen postulaciones basadas en excavaciones arqueológicas y fechados radiocarbónicos, que consideran desarrollos más tardíos en el lado oriental del sur ecuatoriano en relación a la Costa y los Andes (Athens, 1986; Rostoker, 2003), notamos que las consideraciones para la antigüedad asociada a los seis tipos de botellas (Tabla 1) identificadas en Apinkras y otros sitios de las cuencas de los ríos Santiago, Morona, Pastaza, Chambira y Napo (algunos basados en excavaciones y fechados, que requieren ser revisados nuevamente) oscilan entre los años 2000 a.C. y 400 d.C. Por esta razón es probable que la antigüedad del material estudiado procedente de Apinkras corresponda a una o más fechas dentro de este lapso de tiempo.

Por otra parte, es importante mencionar que en Quebrada Apinkras las botellas no se hallaron asociadas a materiales que podamos considerar como pertenecientes a la denominada fase Pastaza (achurados zonales, punteados y diseños incisos), a excepción de tres fragmentos (Figura 8) que presentan ciertos rasgos similares. A diferencia de otras colecciones ubicadas al norte de nuestra zona de estudio, como la colección arqueológica del Morona-Santiago ubicada en el Museo Amazónico de la Universidad Politécnica Salesiana, investigada por Geoffroy de Saulieu y Lino Rampón (2006), y las colecciones arqueológicas del Transkutukú, en comunidades nativas de la provincia de Morona-Santiago, recientemente estudiadas por Ferran Cabrero (2023). Asimismo, en Apinkras no observamos figurinas, en contraste a las colecciones mencionadas.

Aunque no contemos con excavaciones sistemáticas en Quebrada Apinkras, las cuales permitirían identificar la existencia de fases y sus respectivas fechas (por medio de dataciones), estamos seguros que este sitio formó parte de una gran área de interacción, durante el lapso de tiempo indicado líneas arriba, la cual no solo incluyó a la Amazonia (sobre todo entre las cuencas del río Santiago y del Napo). Dado que las interacciones que incluyeron la zona del suroriente ecuatoriano y nororiente peruano también circunscribieron a la Costa y los Andes (sobre todo en el actual territorio ecuatoriano, donde fueron

observados algunos de los tipos de botellas registrados en Apinkras), como lo expresado por otros investigadores (Burger, 2003; Cabrero, 2023; DeBoer, 2003; Olsen, 2003; Porras, 1978; Stother, 2003).

De esta manera, como lo notó Ferran Cabrero (2023) en relación a ciertos ejemplares de las colecciones emplazadas en la parte norte de la cordillera del Transkutukú o Campanquiz, se observan que algunos de los tipos de botellas de la cuenca del Santiago (sobre todo el primer tipo) también son visibles en Machalilla, Chorrera y Cotocollao. Cuyas filiaciones cronológicas con fechados radiocarbónicos (véase: Marcos, 1998; Zeidler, 2003), coinciden dentro del amplio rango temporal considerado para las botellas de Apinkras.

Por otro lado, consideramos que el emplazamiento de Apinkras y Candungos habría respondido a la ubicación de recursos como la sal. Lo cual es observado arqueológica, antropológica e históricamente en los Andes peruanos, en lugares como San Blas (Ondores-Junín) (Morales, 1998b; Saez, 2019), y también en la Amazonia, como en Cerro la Sal (cuenca del río Chanchamayo/ Perené, Chanchamayo-Junín) donde diversas comunidades nativas piros, campas, shipibos, cashibos, machiguengas, conibos y yaneshas usufructuaban el afloramiento de sal, algunos desplazándose un promedio de 20 días (véase: Lathrap 1970; Santos Granero, 1987; Varese, 1968). Incluso kichwas viajaban desde Ecuador, a través de los ríos Pastaza, Napo y Huallaga, durante seis meses para recoger y llevar dicha sal (Duche y de Salieu, 2009; Salazar, 2010). Así como en Cachiyacu, donde diversas sociedades habrían confluído desde áreas distantes al ser atraídas por el recurso salífero (Rivas, 2003).

En la cuenca del Santiago también existen fuentes de sal, algunas ubicadas en la cordillera del Transkutukú y en la subcuenca del Upano (Salazar, 2010). Sin embargo, las más cercanas al curso del Santiago (Figura 2) corresponden a Mayalico, ubicado en la margen derecha de su cuenca alta (actual territorio ecuatoriano), con dos vertientes de agua salada (salmuera) junto al riachuelo Tsuis (Ledergerber, 1995), cercana a Cueva de los Tayos. Por su parte, en la cuenca media se ubica la fuente de salmuera Onanga, muy próximo al sitio de Candungos y en la cuenca baja se encuentran los domos salíferos de Yujagkin cerca de Apinkras.

Prospecciones exhaustivas en la zona de estudio y su combinación con excavaciones sistemáticas permitirían identificar una secuencia y patrón de asentamiento existente por fase (véase: Meggers, 1999; Morales, 1992). Esto permitiría una exhaustiva evaluación de la relación entre el emplazamiento de los sitios y las fuentes de sal u otros recursos. No obstante, estamos seguros que estos yacimientos salíferos fueron explotados por las sociedades que habitaron la cuenca del Santiago a lo largo del tiempo e influyeron en el emplazamiento de sus asentamientos. De esta manera, Yujagkin habría sido de mucha

importancia a nivel económico y cosmológico para los habitantes de Apinkras desde épocas muy remotas. Lo mismo habría ocurrido en el caso de Cueva de los Tayos y su proximidad a Mayalico, o más aún entre Candungos y Onanga. Esta proximidad a fuentes salíferas y el acceso a otros productos permitiría su inserción en las redes de intercambios, cuya escala habría dependido de la productividad de cada fuente, lo cual también necesita ser investigada.

CONCLUSIONES

La presencia de los seis tipos de botellas identificadas en Apinkras y su distribución entre las cuencas de los ríos Santiago, Morona, Pastaza, Chambira y Napo, nos orienta a considerar una antigüedad en base a las consideraciones de distintos investigadores, las cuales oscilan entre los años 2000 a.C. y 400 d.C. De esta manera, la antigüedad de estas botellas (y probablemente las piezas con decoraciones impresas e incisas) procedentes de Apinkras correspondan a una o más fechas dentro de este lapso de tiempo. No obstante, para precisar la antigüedad de estos objetos sería necesario la realización de excavaciones arqueológicas y fechados.

La distribución de los diferentes tipos de botellas descritos en el presente artículo nos demuestra que Apinkras estuvo inserto en un área de interacción que incluyó gran parte de la Alta Amazonía (mayormente a través de rutas fluviales), y probablemente otros sitios en los Andes y la Costa en actual territorio ecuatoriano. En dichas interacciones se intercambiaron distintos conocimientos y productos como la sal, que el caso de Apinkras habría sido extraída del sur, en los domos salíferos de Yujagkin.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a Celso Petsain, Estanislao Pazmiño, Ferran Cabrero, Erik Falcón, Lauren Pratt, Manuel Malaver, Juan Mogrovejo, Helena Rodríguez y Jorge Carranza, quienes contribuyeron de distintas maneras en la realización del presente artículo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arellano, J. (2013). La interacción cultural prehispánica de los valles interandinos, el Subandino y la Amazonía, norte de Ecuador. *Arqueología y Sociedad*, 26: 191-206. <https://doi.org/10.15381/arqueolsoc.2013n26.e12394>
- Athens, S. (1986). The site of Pumpuenta and the Pastaza phase in Southeastern Lowland Ecuador. *Ñawpa Pacha. Journal of Andean Archaeology*, 24: 111-124.
- Burger, R. (1998). *Excavaciones en Chavín de Huántar*. Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima.
- Burger, R. (2003). Conclusions: Cultures of the Ecuadorian Formative in Their Andean Context. En J. Raymond & R. Burger (Eds.). *Archaeology of Formative Ecuador* (pp. 465-486). Dumbarton Oaks Research Library and Collection. Washington D.C.

- Cabrero, F. (2018). Hualino: un sitio del Horizonte Corrugado en la Amazonía ecuatoriana. *Revista Española de Antropología Americana*, 48: 291-297. <https://doi.org/10.5209/REAA.63703>
- Cabrero, F. (2023). En busca de las culturas antiguas del Transkutukú. *Strata. Revista Ecuatoriana de Arqueología y Paleontología*, 1(1): 1-21. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7705406>
- Cabrero, F., Aguirre, E. & Ramírez, J. (2022). Más allá de Té Zulay: análisis cerámico de Río Chico y otros sitios del valle del Pastaza, Ecuador. *Arqueología Iberoamericana*, 49: 73-84. <https://doi.org/10.5281/zenodo.6450687>.
- Chacaltana, C.; Valdivia, V. & Peña, D. (2012). *Estudio geológico de la cuenca Santiago-sectores centro y sur*. Boletín, Serie D: Estudios Regionales, 30. Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico. Lima.
- DeBoer, W. (2003). Ceramic Assemblage Variability in the Formative of Ecuador and Peru. En J. Raymond & R. Burger (Eds.). *Archaeology of Formative Ecuador* (pp. 289-336). Dumbarton Oaks Research Library and Collection. Washington D.C.
- DeBoer, W., Ross, E., Ross, J., & Veale, M. (1977). Two ceramic collections from Rio Huasaga, Northern Peru: their place in the prehistory of the Upper Amazon. *El Dorado*, 2(2): 1-12.
- Díaz, A., Carpio, M., Ramírez, J. & Torre, J. (2017). *Estudio geológico económico de rocas y minerales industriales en la región Amazonas*. Boletín, Serie B: Geología Económica, 42. Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico. Lima.
- Duche, C. & de Saulieu, G. (Eds.) (2009). *Pastaza precolombino. Datos arqueológicos preliminares con el catálogo del Museo etno-arqueológico de Puyo y del Pastaza*. Ediciones Abya-Yala. Quito.
- Guallart, J. (1990). *Entre Pongo y Cordillera. Historia de la etnia Aguaruna-Huambisa*. Centro Amazónico de Antropología y Aplicación Práctica. Lima.
- Izumi, S. y Toshihiko S. (1963). *Andes 2: Excavations at Kotosh, Peru, 1960*. Tokio: Kadokawa Shoten.
- Lathrap, D. (1970). *The Upper Amazon*. Praeger Publishers. New York.
- Ledergerber, P. (1995). Factores geográficos en la localización de sitios Arqueológicos. El caso de Morona-Santiago, Ecuador. Un informe preliminar. En M. Guinea, J. Bouchard & J. Marcos (Ed.). *Cultura y medioambiente en el área andina septentrional* (pp. 343-375). Ediciones Abya-Yala. Quito.
- Ledergerber, P. (2006). Ecuador amazónico andino. Apropiación de paisajes y relaciones culturales. G. Morcote, S. Mora & C. Calvo (Eds.) *Pueblos y paisajes antiguos de la selva amazónica* (pp. 131-155). Universidad Nacional de Colombia. Bogotá.
- Malo, B. (2013). Una excursión a WatsaKentza. *Revista de Antropología*, 20: 124-134.
- Marcos, J. (1998). A Reassessment of the Chronology of the Ecuadorian Formative. En M. Guinea (Comp.). *El área septentrional andina: Arqueología y etnohistoria* (pp. 149-196). Ediciones Abya-Yala & IFEA. Quito.
- Meggers, B. (1999). *Ecología y biogeografía de la Amazonía*. Ediciones Abya-Yala. Quito.

- Mogrovejo, J. (2019). Representaciones humanas en la cerámica formativa de las tierras bajas de la Amazonía norperuana, cuenca del Morona. En A. Bolaños (Comp.), *Amazonas Ruta Milenaria, Tomo IV*. (pp. 149-164). Ediciones Copé. Lima.
- Morales, D. (1980). *El Dios Felino en Pacopampa*. Lima: Instituto Seminario de Historia Rural Andina.
- Morales, D. (1992). Chambira: Alfareros tempranos de la Amazonía Peruana. En D. Bonavia (Ed.) *Estudios de Arqueología Peruana*. (pp.149-176). FONCIENCIAS. Lima.
- Morales, D. (1998). Chambira una cultura de sabana árida en la Amazonía Peruana. *Investigaciones Sociales*, 2(2): 61-75. <https://doi.org/10.15381/is.v2i2.6632>
- Morales, D. (1998). Importancia de las Salinas de San Blas durante el Periodo Formativo en la sierra central del Perú. *Boletín de Arqueología PUCP*, (2): 273-288. <https://doi.org/10.18800/boletindearqueologiapucp.199801.019>
- Morales, D. (2019). *Investigaciones arqueológicas en el sitio de El Zapotal, Loreto-Perú*. Tesis de maestría. Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima.
- Ochoa, M., Rostain, S. & Salazar, E. (1997). Montículos precolombinos en el Alto Upano. *Cultura, Segunda Época*, 2: 54-61.
- Olsen, K. (2003). Social and Cultural Development in the Ecuadorian Highlands and Eastern Lowlands during the Formative. En J.Raymond & R. Burger (Eds.). *Archaeology of Formative Ecuador* (pp. 125-174). Dumbarton Oaks Research Library and Collection. Washington D.C.
- Pazmiño, E. (2009). Desarrollo cultural prehispánico en el valle del Alto Upano: Análisis cerámico del sitio La Lomita, Morona Santiago, Ecuador. *Antropología. Cuadernos de Investigación*, (8): 149-165. <https://doi.org/10.26807/ant.v0i8.131>
- Pazmiño, E. (2021). Monumentality and Social Complexity in Upano Valley. En R. Clasby & J. Nesbitt (Eds.), *The Archaeology of the Upper Amazon. Complexity and Interaction in the Andean Tropical Forest*. (pp. 129-147). University Press of Florida. Gainesville.
- Porras, P. (1975). *Fase Pastaza. El Formativo en el Oriente Ecuatoriano*. Separata de la Revista de la Universidad Católica 10. Quito.
- Porras, P. (1978). *Arqueología de la Cueva de los Tayos*. Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Quito.
- Porras, P. (1987a). *Investigaciones arqueológicas a las faldas del Sangay. Tradición Upano*. Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Quito.
- Porras, P. (1987b). *Manual de arqueología ecuatoriana*. Centro de Investigaciones Arqueológicas. Quito.
- Rick, J.; Mesia, C.; Contreras, D.; Kembel, S.; Rick, R.; Sayref M. & Wolf, J. (2009). La cronología de Chavín de Huántar y sus implicancias para el Periodo Formativo. *Boletín de Arqueología PUCP*, (13), 87-132.

- Rivas, S. (2003). *Los asentamientos prehispánicos de la cuenca del río Cachiyacu-Amazonia Peruana*. Instituto Cultural Rvna. Lima.
- Rivas, S. (2007). *Arqueología Amazónica*. Componente Temático para la Mesozonificación Ecológica Económica del ámbito de las cuencas de los ríos Pastaza y Morona. Proyecto Manejo de los Recursos Naturales en las cuencas de los ríos Pastaza y Morona. Fondo Nacional para Áreas Naturales Protegidas por el Estado y Universidad Nacional de la Amazonia Peruana. Iquitos.
- Rivas, S., Medina, A., Abanto, J., Ríos, R. & Caldas, C. (2008). Arqueología de las cuencas del Pastaza y Morona. Reporte de zonificación ecológica económica. *Amazonía Peruana*, 15 (31): 269-300. <https://doi.org/10.52980/revistaamazonaperuana.vi31.58>
- Rosas, H. y Shady, R. (1970). *Pacopampa. Un centro formativo en la sierra nor-peruana*. Lima: Instituto Seminario de Historia Rural Andina.
- Rostain, S. (1999). Secuencia arqueológica en montículos del valle del Upano en la Amazonía ecuatoriana. *Bulletin de l'Institut Français d'Études Andines*, 28(1): 53-89.
- Rostain, S. (2006). Etnoarqueología de la casa Huapula y Jíbaro. *Bulletin de l'Institut Français d'Études Andines*, 35(3): 337-346. <https://doi.org/10.4000/bifea.3890>
- Rostain, S. (2010). Cronología del valle del Upano, alta Amazonía ecuatoriana. *Bulletin de l'Institut Français d'Études Andines*, 39(3): 667-681. <https://doi.org/10.4000/bifea.1825>
- Rostain, S. & Pazmiño, E. (2013). Treinta años de investigación a las faldas del Sangay. En F. Valdez (Comp.), *Arqueología amazónica. Las civilizaciones ocultas del bosque tropical* (pp. 55-82). Instituto Nacional de Patrimonio Cultural & l'Institut de recherche pour le développement. Quito.
- Rostain, S. & de Saulieu, G. (2013). *Antes. Arqueología de la Amazonía ecuatoriana*. Instituto Frances de Estudios Andinos. Quito.
- Rostain, S. y de Saulieu, G. (2019). El Pastaza y el Upano, dos ríos tropicales que conectan los Andes a la Amazonía. *Revista del Museo de La Plata*, 4(2): 353-384.
- Rostain, S., de Saulieu, G. & Lézy, E. (2014). El alto Pastaza precolombino en el Ecuador: del mito a la arqueología. En S. Rostain (ed.), *Amazonía. Memorias de las conferencias magistrales del 3er Encuentro Internacional de Arqueología Amazónica* (pp. 159-185). MCCTH, SENESCYT, Quito.
- Rostain, S., Dorison, A., de Saulieu, G., Prümers, H., Le Pennec, J., Mejía, F., Freire, A., Pagán-Jiménez, J. & Descola, P. (2024). Two thousand years of garden urbanism in the Upper Amazon. *Science*, 383: 183-189.
- Rostoker, A. (2003). Formative Period Chronology for Eastern Ecuador. En J. Raymond & R. Burger (Eds.), *Archaeology of Formative Ecuador* (pp. 539-545). Dumbarton Oaks Research Library and Collection. Washington D.C.
- Rostoker, A. (2005). *Dimensions of prehistoric human occupation in the southern Ecuatorian*. Tesis de doctorado. The City University of New York. New York.

- Saez, S. (2019). *La ocupación del sitio de San Blas, Óndores-Junín*. Tesis de licenciatura. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima.
- Salazar, E. (1998). De vuelta al Sangay - Investigaciones arqueológicas en el Alto Upano, amazonía ecuatoriana. *Bulletin de l'Institut français d'études andines*, 27(2): 213-240.
- Salazar, E. (1998). Naturaleza y distribución de los montículos precolombinos de la cuenca del Alto Upano, Ecuador. En F. Cárdenas-Arroyo & T. Bray (Eds.) *Intercambio y comercio entre Costa, Andes y Selva. Arqueología y etnohistoria de Suramérica* (pp. 185-211). Departamento de Antropología, Universidad de los Andes. Bogotá.
- Salazar, E. (2008). Pre-Columbian Mound Complexes in the Upano River Valley, Lowland Ecuador. En H. Silverman & W. Isbell (Eds.) *Handbook of South American Archaeology* (pp. 263-278). Springer, New York.
- Salazar, E. (2010). Historia de la sal en el Ecuador precolombino y colonial. *Antropología. Cuadernos de Investigación*, (10): 13-29. <https://doi.org/10.26807/ant.v0i10.46>
- Sánchez, J., Palacios, O., Quispesivana, L., Carlotto, V. & Aguilar, L. (2005). El Paleozoico en el Bloque Amotapes-Tahuín. Perú-Ecuador. *XII Congreso Ecuatoriano de Geología*. Guayaquil.
- Santos Granero, F. (1987). Epidemias y sublevaciones en el desarrollo demográfico de las misiones amuesha del Cerro de la Sal, siglo XVIII. *Histórica*, 9(1): 25-53.
- de Saulieu, G. (2006). Revisión del material cerámico de la colección Pastaza (Amazonía ecuatoriana). *Journal de la Société des américanistes*, 92: 279-301.
- de Saulieu, G. (2012). La tradición Muintentza y el Periodo de integración (700-1500 d. C.) en la alta cuenca del río Pastaza, Amazonía ecuatoriana. *Bulletin de l'Institut Français d'Études Andines*, 41(1): 35-55. <https://doi.org/10.4000/bifea.1004>
- de Saulieu, G. (2013). Sobrevuelo de las cerámicas antiguas del curso alto del río Pastaza. Reflexiones e hipótesis. En F. Valdez (Comp.), *Arqueología amazónica. Las civilizaciones ocultas del bosque tropical* (pp. 83-97). Instituto Nacional de Patrimonio Cultural & l'Institut de recherche pour le développement. Quito.
- de Saulieu, G. y Rampón, L. (2006). *Colección arqueológica de Morona-Santiago del Museo Amazónico de la Universidad Politécnica Salesiana. Una introducción a la Amazonía Ecuatoriana Prehispánica*. Ediciones Abya-Yala. Quito.
- de Saulieu, G. & Duche, C. (2007). Primera aproximación a las culturas precolombinas de la alta cuenca del río Pastaza. *II Congreso Ecuatoriano de Antropología y Arqueología. Balance de la última década: Aportes, Retos y nuevos temas. Tomo I*. Abya-Yala. Quito.
- Stother, K. (2003). Expression of Ideology in the Formative Period of Ecuador. En J. Raymond & R. Burger (Eds.). *Archaeology of Formative Ecuador* (pp. 337-422). Dumbarton Oaks Research Library and Collection. Washington D.C.

- Ugalde, M. (2011). Registro de los petroglifos de Catazho (Morona Santiago). En M. Ugalde & A. Yépez (Eds.). *Investigaciones arqueológicas en Azuay y Morona Santiago* (pp. 13-45). Instituto Nacional de Patrimonio Cultural. Cuenca.
- Ugalde, M. (2012). Catazho: Arte rupestre en la amazonía ecuatoriana. *Zeitschrift für Archäologie Außereuropäischer Kulturen*, 4: 281-310.
- Valdez, F. (2011). La cerámica Mayo Chinchipe, el Formativo Temprano de la ceja de selva oriental. *Revista Nacional de Cultura, Letras, Artes y Ciencias del Ecuador*, 15-16 (Tomo III): 685-705.
- Valdez, F. (2013). *Primeras Sociedades de la Alta Amazonia. La Cultura Mayo Chinchipe-Marañón*. Institut de Recherche pour le Développement e Instituto Nacional de Patrimonio Cultural. Quito.
- Valdez, F. (2016). Complejo Cerámico: Mayo Chinchipe. En C. Barreto, H. Pinto & C. Jaimes (Orgs.). *Cerâmicas Arqueológicas da Amazônia. Rumo a uma nova síntese* (pp. 510-525). Ministério da Cultura. Belém.
- Varese, S. (1968). *La sal de los cerros*. Universidad Peruana de Ciencias y Tecnología. Lima.
- Zeidler, J. (2003). Appendix A: Formative Period Chronology for the Coast and Western Lowlands of Ecuador. En J. Raymond & R. Burger (Eds.). *Archaeology of Formative Ecuador* (pp. 487-528). Dumbarton Oaks Research Library and Collection. Washington D.C.

ARTÍCULO ORIGINAL

Propuesta de mejora en el proceso de elaboración de chocolate de la empresa Sol Norteño, basado en el modelo de gestión Lean Manufacturing

Improvement proposal in the chocolate production process of Sol Norteño company, based on the Lean Manufacturing management model.

Jhonsson Quevedo 

RESUMEN

El propósito de esta investigación fue proponer un modelo de gestión basado en la Mejora Continua para optimizar la eficiencia y productividad de la empresa Sol Norteño, especializada en la producción de chocolates para taza. Durante el análisis, se identificó una demanda insatisfecha debido a la inestabilidad en la eficacia del proceso y la calidad del producto, lo que afectó la competitividad y la demanda en el mercado actual. La propuesta de mejora a través del Lean Manufacturing, incluye múltiples sugerencias para reducir el desperdicio de tiempo, mejorar el control de calidad y optimizar las operaciones a través de una de sus herramientas que son las 5S.

Palabras clave: Lean Manufacturing, 5S, fábrica de chocolate, Gestión de Calidad.

ABSTRACT

The purpose of this research was to propose a management model based on Continuous Improvement to optimize the efficiency and productivity of Sol Norteño, a company specialized in the production of drinking chocolates. During the analysis, an unmet unsatisfied demand was identified due to instability in process efficiency and product quality, impacting competitiveness and demand in the current market. The improvement proposal through Lean Manufacturing includes multiple suggestions to reduce time waste, improve quality control and optimize operations through one of its tools, the 5S methodology.

Keywords: Lean Manufacturing, 5S, chocolate factory, Quality Management.

* Autor para correspondencia

1 Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Perú. Email: jquevedo@unprg.edu.pe

INTRODUCCIÓN

La empresa chocolatera Sol Norteño trabaja con la misma maquinaria que empezó a utilizar hace más de 10 años, pero carece de capacitación técnica en el uso de máquinas y procesos.

No existe programación en el proceso de elaboración del chocolate ya que se utilizan diferentes tamaños de lote; el peso de las barras de chocolate es mayor o menor que el peso indicado en el paquete, los indicadores de calidad no son satisfactorios, las barras de chocolate no son perfectas, etc., lo que se refleja en la calidad de los productos de chocolate, lo que resulta en imprecisiones en la capacidad del proceso retrasada. Desde sus inicios en la década de 1990, el Lean Manufacturing ha evolucionado hasta convertirse en una ciencia de mejora continua y resolución de problemas.

Esta empresa, que se especializa en chocolates envasados en tazas, adoptó el método "lean" como método para mejorar el proceso de producción y descubrió que el proceso de producción estaba plagado de desorganización, desorden y congestión. La fábrica de chocolate Sol Norteño no permite estandarizar sus procesos, volverse competentes ni satisfacer las exigencias actuales del mercado. Para reducir desperdicios y aumentar la productividad de las líneas de producción de la planta Sol Norteño, se recomienda un enfoque de mejora continua de Lean Manufacturing; Los problemas se ven como oportunidades de mejora y se destacan diversas opciones, que no solo ayudarán a encontrar una solución, sino que también ayudarán a crear una unidad libre de desperdicios, ordenada y económica.

De acuerdo con el Codex Alimentarius (2019) “El chocolate para taza está compuesto por un 35% de cacao, un 18% de manteca de cacao y un 14% de extracto seco magro de cacao. Además, puede contener un máximo del 8% de harina y/o almidón de trigo, maíz o arroz.”.

El chocolate según el Inacal (2018) “El chocolate para taza es una mezcla homogénea que se obtiene a partir de la pasta de cacao o cacao en polvo, azúcar y mantequilla de cacao. Además, puede incluir sustancias aromatizantes permitidas, productos lácteos, agentes emulsionantes, antioxidantes y conservadores permitidos”.

Los sistemas de gestión, según Palacios et al. (2016), indican que en la actualidad nos enfrentamos a un mundo con competidores cada vez más numerosos, donde se emplean tecnologías actualizadas y los consumidores son más exigentes, demandando bienes con especificaciones que satisfagan sus necesidades.

Por lo tanto, las empresas se ven obligadas a mejorar continuamente los procesos para satisfacer las demandas de los consumidores y estandarizar estándares para lograr la calidad del producto.

El Lean Manufacturing, de acuerdo con Susilawati et al. (2014), se define como una filosofía de mejora de procesos de manufactura y/o servicios que se basa en la eliminación de desperdicios y actividades que no aportan valor a los procesos.

De acuerdo con Faulí et al. (2016), las 5S se originaron en Toyota en la década de 1960 con el propósito de lograr lugares de trabajo mejor organizados, más ordenados y limpios de manera permanente, con el objetivo de aumentar la productividad y crear un entorno laboral más favorable.

La primera etapa de las 5S, conocida como Seiri, se basa en separar las cosas útiles de las que no lo son, identificar lo necesario frente a lo innecesario y eliminar objetos o utensilios que carecen de utilidad. En resumen, se trata de organizar y simplificar el entorno de trabajo al eliminar distracciones y excesos.

La segunda etapa de las 5S, conocida como Seiton, implica organizar la disposición y ubicación de los elementos de manera que puedan localizarse y utilizarse de forma sencilla y ágil.

La tercera etapa, Seiso, se centra en mantener condiciones adecuadas de aseo e higiene de forma permanente. El operario se convierte en un apoyo para el mantenimiento preventivo y correctivo diario o por turno, asegurando la eliminación de desperdicios y defectos que puedan surgir debido a la falta de limpieza.

La cuarta etapa, Seiketsu, se refiere a mantener la salud mental y física de cada trabajador, así como a garantizar medidas de seguridad y condiciones de trabajo sin contaminación. Se busca crear un ambiente saludable y propicio para la labor.

Por último, la quinta etapa, Shitsuke, corresponde a la disciplina. En esta fase, se procura normalizar la aplicación del trabajo y convertir en hábito todos los estándares establecidos en las etapas anteriores.

Según Bonals (2016), un diagrama de Pareto es una gráfica que muestra de manera ordenada la importancia o magnitud de la frecuencia de ocurrencia de las distintas causas de un problema.

Por otro lado, Montgomery y Runger (2016) definen una carta de control como una representación gráfica de las mediciones a lo largo del tiempo de una o varias características de calidad del proceso bajo investigación. Esta herramienta es ampliamente utilizada y poderosa para identificar las causas de variabilidad en un proceso.

MATERIALES Y MÉTODOS

El tipo de la investigación fue de carácter descriptivo, se utilizó el sistema de gestión de calidad Lean Manufacturing, y las 5'S como herramienta de gestión.

Se elaboró una serie de planes y objetivos de 5 pasos que se deben lograr al implementar una propuesta de Lean Manufacturing para una fábrica de chocolate.

1. Diagnóstico y preparación

En esta primera etapa se efectuó un estudio de la situación en que se hallaba la empresa Sol Norteño, con el fin de comprender por completo el proceso de productivo para su estudio. Se planteó el uso de la herramienta 5's para crear una serie de progresos en las operaciones de la empresa.

2. Proyección

En una primera fase se investigó la situación de Sol Norteño con el fin de conocer plenamente su proceso productivo para los efectos de la investigación. Se propone utilizar 5 herramientas para implementar varias mejoras en la operación de la empresa.

3. Consolidación

Para garantizar el modelo, intentamos minimizar las pérdidas operativas relacionadas con el tiempo de producción. También se presenta la preparación y mejora de la calibración de equipos y la implementación del control de calidad.

4. Estandarización

La capacidad de producción exacta se determina para satisfacer las necesidades de los clientes, optimizar los tiempos de producción y ajustar el personal y la capacidad de producción de la empresa a las necesidades requeridas.

5. Flujo

En esta etapa es necesario registrarse y configurar el proceso de acuerdo a las necesidades del producto.

RESULTADOS

Para alcanzar la meta, un cuestionario estructurado fue desarrollado y utilizado para aplicar la encuesta, con el fin de evaluar las respuestas y permitir una mayor flexibilidad para la evaluación de los resultados. Para las preguntas, se utilizó la escala Likert, que van en una escala de 0 a 4.

1. Etapa 1. Diagnóstico:

Se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 1

Resultados de la puntuación: SEIRI – Clasificar

Seiri – Clasificar		
1	Existen materiales, productos en proceso o productos que son solo necesarios	2
2	Hay máquinas o equipos que son solo útiles.	3
3	Hay dispositivos, herramientas, utensilios, materia prima que son solo útiles.	3
4	Está colocado lo innecesario en un solo lugar	1
5	Hay reglas o normas para separar las cosas innecesarias	0
Total		9

Tabla 2

Resultados de puntuación: SEIKETSU – Mantener

Seiketsu – Mantener		
1	Se conservan los pasillos limpios	3
2	Se conservan las áreas de trabajo, equipos, máquinas y utensilios limpios y en orden	2
3	Se conserva el área de recepción limpia y en orden	2
4	Se conserva los baños limpios y en orden	3
5	Se conservan los almacenes limpios y en orden	3
Total		13

Tabla 3

Resultados de puntuación: SHITSUKE – Disciplinar

Shitsuke – Disciplinar		
1	Existe el saludo y compañerismo entre los trabajadores	3
2	El trabajador usa implementos de seguridad y ropa adecuada	3
3	Se cumple con horarios de trabajo	3
4	Hay tiempo para educar a los trabajadores en las reglas y maneras de trabajo (Ej.: Reunión por la mañana)	1
5	Se pueden observar normas de trabajo en la empresa	1
Total		11

Tabla 4

Resultados de la puntuación: SEITON – Ordenar

Seiton – Ordenar		
1	Está indicado o señalado el lugar donde se ubican las cosas (como dispositivos, equipos o estaciones de trabajo) y estas están rotuladas.	1
2	Está definido el flujo de proceso y conocido por todos los trabajadores de la planta.	4
3	Existe un lugar definido para colocar los utensilios.	2
4	Las máquinas y equipos están identificados y colocados en un solo lugar.	2
5	Están coloreadas las líneas que separan los espacios correspondientes a pasillos y estaciones de trabajo.	0
Total		9

Tabla 5

Resultados de la puntuación: SEISO – Limpiar

Seiso – Limpiar		
1	El lugar de trabajo está libre de desperdicios, envases vacíos, utensilios sucios u otros materiales (bolsas, papeles, etc.)	2
2	Las máquinas y equipos se hallan limpias (goteo de aceite, cables sueltos, pegamento, pintura)	2
3	Se tienen los materiales para realizar limpieza y aseo personal suficientes y en buen estado	2
4	La iluminación de las áreas de trabajo es buena	2
5	Cada trabajador cumple con la limpieza de su lugar de trabajo asignado	2
6	El trabajador tiene uniforme o ropa de trabajo limpio	3
Total		13

Los datos obtenidos reflejan la situación actual de la empresa, incluyendo el orden, la limpieza, el estado de ánimo de los empleados y la percepción de su estilo de trabajo, lo cual corresponde a los datos obtenidos por Hernández y Vizán (2013).

El análisis de datos utilizando los resultados de la evaluación de indicadores es uno de los puntos principales en la implementación de sistemas de producción ajustada, definir los sistemas de indicadores es esencial para monitorear el progreso y el éxito de la implementación. Lo que no se mide no mejora, y en la fábrica lo que no mejora empeora. Los indicadores deben ser fáciles de entender y fomentar acciones específicas.

Con base en los resultados obtenidos mediante el cuestionario descrito en el método, se ha elaborado la Tabla 6 para determinar el nivel del sistema de gestión de la empresa con la ayuda de la herramienta 5.:

Tabla 6

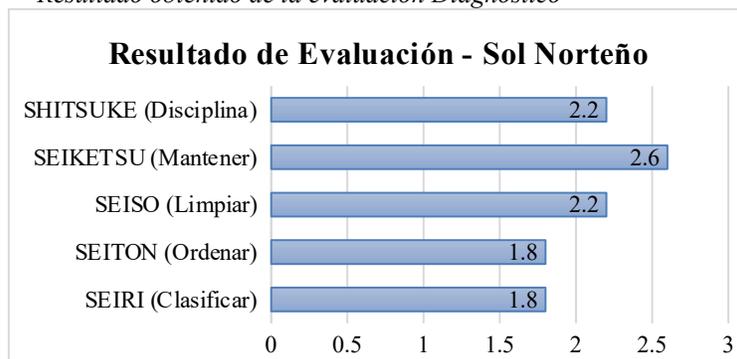
Puntuación conseguida en cada una de las 5's

Nº	Evaluación	Sub. total	Nº de preguntas	Promedio
1	SEIRI (Clasificar)	9	5	1.8
2	SEITON (Ordenar)	9	5	1.8
3	SEISO (Limpiar)	13	6	2.2
4	SEIKETSU (Mantener)	13	5	2.6
5	SHITSUKE (Disciplina)	11	5	2.2

Con la información conseguida se confeccionó una “gráfica de barras horizontales”, para lo cual se establecieron los promedios, los que se obtuvieron de acuerdo a la cantidad de interrogantes con las que cuenta cada ítem de las 5'S, por ejemplo: SEIKETSU-Mantener, tiene una sumatoria de trece (13) puntos, cinco (5) preguntas es así que el promedio del SEIKETSU es trece (13) entre el número de preguntas cinco (5), y da como resultado 2.6.

Figura 1

Resultado obtenido de la evaluación Diagnóstico



En la Figura 1, Los que muestran mayor diferencia y deberían hacer más son SEITON y SEIRI con una puntuación media de 1.8. Al realizar el método se realizó un análisis donde el valor medio de cada "S" era el más cercano a los cuatro puntos (4).

2. Etapa 2. Proyección:

En el Tabla 7, se aprecia el pronóstico de la demanda, para el año 2021 en base a los datos históricos de los años 2017-2020.

Tabla 7
Pronóstico de demanda año 2021

Periodo	2017	2018	2019	2020	2021
Ene.	1750	1740	1736	1720	1713
Feb.	1780	1764	1744	1730	1715
Mar.	1786	1780	1760	1720	1711
Abr.	1790	1750	1744	1750	1740
May.	1940	1936	1938	1930	1934
Jun.	2010	2004	1990	1940	1972
Jul.	2030	2018	1980	1950	1980
Ago.	1860	1870	1860	1870	1866
Set.	1850	1880	1880	1880	1874
Oct.	1860	1950	1950	1950	1931
Nov.	2400	2350	2270	2200	2300
Dic.	2600	2540	2538	2400	2515

La tendencia estacional de la demanda esperada para 2021 se observa con las mejoras de procesos propuestas y la compra de nuevos equipos, haciendo referencia a los datos registrados del 2017-2020.

2.1. Remodelación de la disposición de planta

Basado en la separación continua de residuos que ofrece la producción ajustada, se recomienda invertir la dirección de la máquina selladora de envases de tazas de chocolate, ya que la máquina está en la dirección opuesta al flujo de trabajo. Esto significa que el operador debe colocar el material al otro lado del flujo de material y dedicar tiempo a mover el material de un lado al otro, lo que toma un promedio de 5.33 minutos para llenar, sellar el contenedor y cerrar la caja. 50 unidades. Aunque, si cambiamos la dirección para ser cómoda, el tiempo promedio se reduce a un promedio de 5.21 minutos, que está sellado y lleno de una caja, y cada caja ahorra 0.12 minutos.

Otro consejo importante es comprar más equipos de vibración en el sitio de llenado de moldes, ya que con el que se cuenta se puede acomodar en la bandeja 36 unidades, el tiempo de vibración de la bandeja es de ½ minuto. Tomando nuevas máquinas estandarizadas equipadas con bandejas más grandes, cada bandeja puede contener alrededor de 50 moldes, y comprando dos unidades de esta máquina se pueden producir 100 moldes en ½ minuto. Se produjeron otras 64 barras de chocolate durante el mismo período.

También se recomendó comprar un nuevo sistema de refrigeración que reduciría significativamente el tiempo de obtención de las barras, con el sistema de refrigeración se obtuvieron 740 barras en aproximadamente 60 minutos. Utilizando un nuevo sistema de refrigeración con cámaras separadas, pudimos producir 740 barras de chocolate en 51 minutos. Capacidad de producción real y tamaño de lote para el año 2021.

El estudio se llevó a cabo evaluando la capacidad operativa de la instalación, lo que proporcionó una descripción general del nivel de desempeño de la instalación durante los últimos cinco años. La información del gerente muestra que se procesaron aproximadamente 3140 kg de masa de cacao por mes. Con referencia a los datos antes mencionados, encontramos que es posible incrementar la capacidad de trabajo de la empresa, para lo cual, además de una mayor cantidad de equipos, se recomienda adquirir un nuevo sistema de vibración y nuevos equipos de enfriamiento, moldes o contratar mano de obra.

La empresa procesa aproximadamente 157 kg de cacao al día. Sin embargo, luego de revisar las fichas técnicas de maquinarias y equipos, se encontró que la empresa es capaz de procesar 229 kilogramos de cacao en una jornada de 8 horas. La tasa de consumo actual de la empresa se calcula dividiendo 1145 kg de cacao por semana por 229 kg durante 5 días, lo que da como resultado 1145 kg por semana. Se encontró que la tasa de utilización de la capacidad de la fábrica fue del 68.56%, lo que demuestra que la aplicación de producción ajustada optimizó las condiciones operativas y aumentó los volúmenes de producción.

Índice de capacidad de planta:

$$\frac{785 \text{ kg día (antes de propuesta)}}{1145 \text{ kg día (después de propuesta)}} \times 100 = 68.56 \%$$

Con el proceso actual se estaba trabajando 18,5 horas, con las propuestas realizadas, se estimó que se podía haber elaborado la misma cantidad de producto en 15 horas, reduciéndose 3.5 horas que representaba una reducción del 19% en comparación a la forma de trabajo actual.

3. Etapa 3. Consolidación:

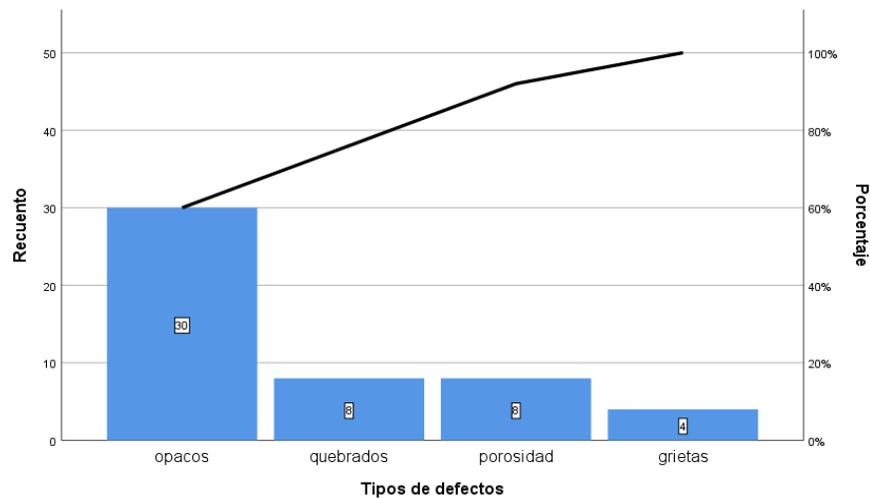
Estábamos tratando de establecer un control de calidad, por lo que se creó un diagrama de Pareto para mostrar qué defectos ocurrían con mayor frecuencia y un diseño de experimentos reveló qué defectos eran más comunes e identificó las acciones correctivas apropiadas.

Además, se recomienda una carta de control para detectar si el proceso está fuera de control.

3.1. Control de calidad

Esto se hace visualmente después de moldear cada barra. Durante la investigación, los problemas más comunes encontrados fueron: opacidad, porosidad, grietas y desgarros en las barras de chocolate. Para completar el desarrollo del gráfico de control de atributos, se creó un diagrama de Pareto para identificar los defectos que ocurren con frecuencia en la producción de chocolate. El diagrama de la Figura 2 sirve como modelo para realizar un conjunto de pruebas que permitan determinar las temperaturas ideales para eliminar los defectos anteriores. Además, se observó que los defectos más comunes fueron la opacidad de las barras, seguido de fracturas, poros y grietas en bloques individuales.

Figura 2
Diagrama de Pareto: defectos más comunes



Se deriva de la Figura 2 que es tal que las barras opacas están en 30 por cada mil que representan el 60% de los defectos. El total (opaco, fractura y porosidad) aumentó en un 93.32 %por las primeras tres razones.

Cartas de control del proceso

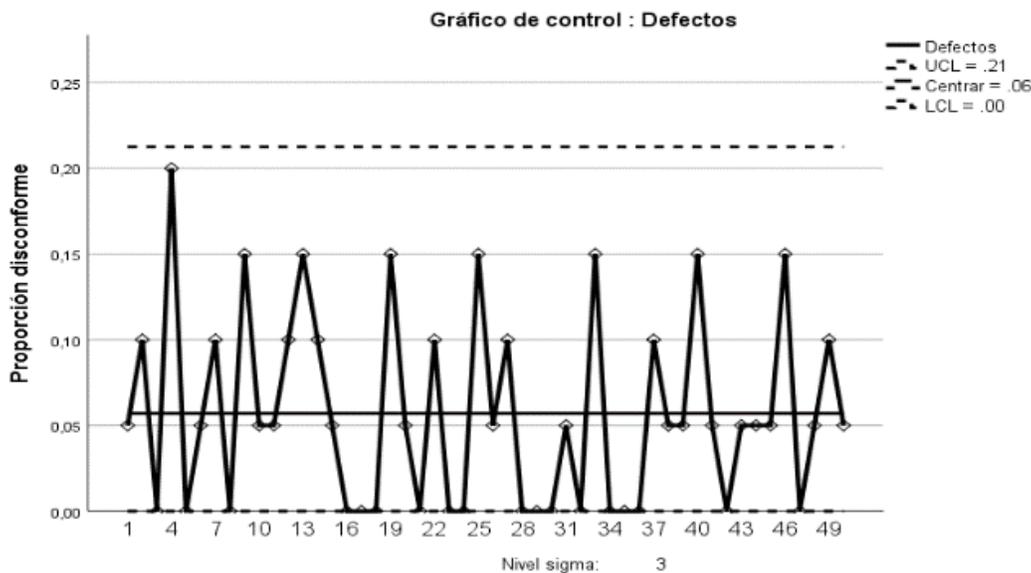
Las inspecciones revelaron que la empresa no contaba con un historial de calidad en la implementación y evaluación de procesos. Cabe señalar que cada barra de chocolate es inspeccionada visualmente luego de ser retirada del molde en base a características visuales como: opacidad, porosidad, fractura, etc., que son la base para clasificarla como bloque duradero o no duradero. Es importante tener en cuenta que cada vez que se inspeccionan las barras de chocolate clasificados como defectuosos, estos se dañan, se reciclan o se venden porque ninguno de los defectos visuales anteriores representa un riesgo para la salud del comprador final. Para el control de dimensiones variables en las características de las columnas, se elaboran tablas de control de características (p), que permiten evaluar parte de las columnas fabricadas para luego identificar los cambios o causas necesarias en el proceso. En la Tabla 8, observamos los datos obtenidos al probar 50 lotes (20 unidades cada uno).

Tabla 8
Barras de chocolate defectuosas para el control de atributos

Lote	Tam. del lote	Art. Defec.	Lote	Tam. del lote	Art. Defec.
1	20	1	26	20	1
2	20	2	27	20	2
3	20	0	28	20	0
4	20	4	29	20	0
5	20	0	30	20	0
6	20	1	31	20	1
7	20	2	32	20	0
8	20	0	33	20	3
9	20	3	34	20	0
10	20	1	35	20	0
11	20	1	36	20	0
12	20	2	37	20	2
13	20	3	38	20	1
14	20	2	39	20	1
15	20	1	40	20	3
16	20	0	41	20	1
17	20	0	42	20	0
18	20	0	43	20	1
19	20	3	44	20	1
20	20	1	45	20	1
21	20	0	46	20	3
22	20	2	47	20	0
23	20	0	48	20	1
24	20	0	49	20	2
25	20	3	50	20	1

Por lo tanto, de la tabla mostrada arriba se puede concluir que, del total de 1000 barras probadas, 57 resultaron dañadas y con base en esto se estimó el valor promedio de las barras dañadas, manteniendo el tamaño de la muestra constante en 20 barras. El valor en promedio de barras de chocolate con defectos es 0.057. La Figura 3 muestra un gráfico de control de atributos que incluye una actividad de producción de chocolate en función del número de barras de chocolate defectuosas. Ningún punto excede los límites especificados; si se encuentran, indican anomalías que deben identificarse y resolverse.

Figura 3
Gráfica de control de atributos (Defectos)



Es así, que se halló que la cantidad de barras defectuosas al analizar cada lote fue como máximo de $(0.21 \cdot 50 = 10.5)$ y de cero barras como mínimo.

4. Etapa 4. Estandarización

Los cálculos se realizan principalmente para determinar las capacidades de producción y estandarizar los procesos de producción en el entorno laboral.

Con base en el tipo de proceso de la planta y el cálculo de la demanda futura, se propuso un plan de mejora del tiempo de producción para 2021.

4.1. Planeación agregada

La empresa trabaja con un tamaño de lote de 96 cajas diarias por lo que implementa un plan de trabajo en base a la información obtenida para calcular las necesidades futuras.

La tabla 9 presenta el pronóstico de producción de demanda requerida, dividido por mes. Cada mes se divide en semanas, ya que solo se tienen en cuenta los días laborables, la semana se divide en 5 días. Los días de producción adicionales están coloreados en amarillo (sábados de la primera semana) y los sábados siguientes son libres para evitar retrasos o mantenimiento.

Tabla 9
Calendarización de producción de cajas de chocolate del año 2021

Periodo (meses)	Semanas																				Demanda (Cajas)	Producción real (Cajas)	A	B	C	
	1					2					3					4										
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4						5
enero	96	96	96	96	96		96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	1713	1920	207	207	20
febrero	96	96	96	96	96		96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	1715	1920	205	412	20
marzo	96	96	96	96	96		96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	1711	1920	209	621	20
abril	96	96	96	96	96		96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	1740	1920	180	801	20
mayo	96	96	96	96	96		96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	1934	1920	-14	787	20
junio	96	96	96	96	96		96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	1972	1920	-52	735	20
julio	96	96	96	96	96		96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	1980	1920	-60	675	20
agosto	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	1866	2016	150	825	21
setiembre	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	1874	2016	142	967	21
octubre	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	1931	2016	85	1052	21
noviembre	96	96	96	96	96		96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	2300	1920	-380	672	20
diciembre	96	96	96	96	96		96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	0	0	96	96	2400	1728	-672	0	18
TOTAL																						23136	23136			241

En la columna A se colocan, reservan y utilizan los kilogramos sobrantes para satisfacer la demanda del período del mes siguiente; el tamaño del lote de producción suele ser de 1920 cajas por mes. La columna B es la suma calculada de la columna A. Finalmente, la columna C enumera las horas de funcionamiento de cada día del mes.

Se estima que se requerirán 223 días hábiles al año para satisfacer la demanda del lote de producción.

5. Etapa 5. Flujo

La última fase se centra en el seguimiento de los procesos, para lo que se ofrecen formatos tanto para pedidos de clientes como para pedidos de producción.

5.1. Orden del cliente

El formato recomendado para aceptar el pedido de un cliente tiene en cuenta la fecha del pedido, la fecha de entrega solicitada por el cliente y acordada con la empresa, así como el número de pedido utilizado para determinar el control. Además de crear una base de datos, la información del cliente se almacenará para mantener una comunicación continua o cobrar los pagos de los pedidos. También hay una tabla que describe los pedidos deseados que se procesarán en fábrica y los costes a cargo del cliente.

Además, el responsable de aceptar el pedido también deberá firmar el formulario.

5.2. Orden de producción

En el formato propuesto para generar la orden de producción, para determinar la fecha de inicio y finalización de la producción, debe ingresar la fecha del pedido y la fecha de entrega. Cuando se trata del producto, es necesario referirse detalladamente a las necesidades del cliente y determinar cuánto se necesita y qué materias primas se necesitan.

Finalmente, el administrador de pedidos y los empleados involucrados deben establecer voluntariamente una cadena de custodia y producir solo los productos que necesitan, aumentando así la productividad y creando más responsabilidad en la producción. De acuerdo con Aranibar M. (2016) quien mencionó “La Metodología Kanban (uso de formatos) reduce costos y aumenta la productividad del proceso, se produce exactamente aquella cantidad de trabajo que el sistema es capaz de asumir, es decir no se acumulan productos en las fases y así generar un flujo continuo”. De acuerdo con Quintana (2010), los beneficios obtenidos fueron la minimización o eliminación de desperdicios y la provisión de información rápida y precisa para evitar especulaciones sobre la producción. Además, el personal puede programar su línea de producción de manera más eficiente, ya que, al observar las tarjetas, sabe exactamente lo que necesita y cuánto debe producir.

DISCUSIÓN

La adquisición de datos involucró a todas las personas de la empresa para que fuera lo más fiable posible, ayudando a tomar medidas concretas para mejorar la forma de trabajar actual, tal y como describen Rajadell y Sánchez. (2017) para la utilización de los parámetros, es fundamental que todos los responsables de los cambios se involucren. Además, los datos deben recopilarse de manera fácil y fiable, eligiendo el momento más oportuno y el lugar donde resulten más útiles.

Una vez que se han eliminado los elementos innecesarios de las áreas de trabajo, como se propone en la metodología, y se han colocado los elementos de uso constante cerca del operador y los elementos ocasionales a unos pasos del puesto de trabajo, se logra un flujo de trabajo más dinámico, lo que a su vez dinamiza el proceso de elaboración de chocolate. Los resultados de esta investigación coinciden con los obtenidos por Pérez (2017), quien señala que la implementación de las 5S en Cascajares, mejora la seguridad en el área de trabajo al eliminar material innecesario, reduce el riesgo de accidentes, mejora la apariencia de la fábrica, aumenta la productividad de los procesos y mantiene la zona de trabajo limpia. Con el proceso actual se estaba trabajando 18.5 horas, con las propuestas realizadas, se estimó que se podía haber elaborado la misma cantidad de producto en 15 horas, reduciéndose 3.5 horas que representaba una reducción del 19% en comparación a la forma de trabajo actual. Los resultados que se obtuvieron en esta investigación se asemejan a los de Umba y Duarte (2017), quienes indicaron “se espera

que el nuevo tiempo de horneado sea de 58.5 minutos por lote, que representa una reducción en el tiempo de horneado del 7.1% y reducción del tiempo de calentamiento del horno, se observa una reducción del 46% correspondiente a 28 minutos en el tiempo de calentamiento del horno”. Mattos y Siccha (2016) hallaron que “el balance de línea para la sobrecarga de trabajo de la maquinaria reducción de 16% y del trabajo 8.67%”. Semejante a lo dicho por Guarguati (2018) se alcanzó una disminución en el tiempo total del ciclo de producción, pasando de 19.37 horas por lote a 19.02 horas por lote, lo que representa un ahorro de tiempo del 2%.

Un nivel sigma de 3 significa que las barras de chocolate para taza cumplen con las especificaciones el 93.32% de las veces por lo que solo $100-93.32=6.68\%$ de los productos serán rechazados o reprocesados. Los problemas encontrados en la empresa Sol Norteño, fueron parecidos a los encontrados por Robles (2015), quien menciona en su investigación que se identificó que dos de las siete operaciones (laminado y horneado) generan el 57.92% del residuo total. Estas operaciones se consideran críticas en términos del aspecto tratado, y las fallas de diseño de la maquinaria son la principal causa de la generación de dicho desperdicio. Esto en relación con Quintana, (2010), quien encontró que los problemas de inventario que actualmente afectan a la empresa son responsables del retraso en la entrega de pedidos y constituyen el 80% de las demás ineficiencias identificadas. Según Mattos y Siccha (2016), quienes demostraron que a través de la implementación de la metodología Lean, se logró reducir la cantidad de productos defectuosos al 9% en el proceso productivo del molino Samán.

La producción proyectada para el año 2021 fue de 23136 cajas de chocolate, utilizando un tiempo de 241 días, estandarizando así el proceso productivo, cubriendo la demanda estimada del próximo año, en concordancia con lo manifestado por Robles (2015), quien mencionó que La implementación de un método estándar para cada una de las operaciones propuestas permite que los operarios sigan un plan metodológico, lo que a su vez reduce las fallas humanas, mejora la protección personal y evita la pérdida de tiempo y dinero; algo muy similar a lo dicho por Pérez (2017), quien manifestó que La estandarización de operaciones contribuye a reducir los costos asociados a daños o pérdidas de material, elimina acciones repetitivas o innecesarias en los procesos y promueve una mayor organización del trabajo, lo que a su vez previene errores y mejora la seguridad de los operarios.

CONCLUSIONES

- Se analizó la situación actual de la empresa Sol Norteño permitiéndose desarrollar recomendaciones para el mejoramiento del proceso productivo del chocolate, creando así lineamientos para el cálculo de la carga de trabajo con el objetivo de determinar la eficiencia y productividad de la empresa.
- La aplicación del Lean Manufacturing a través de una de sus herramientas que son las 5S tuvo un efecto positivo en los procesos de la planta, lo que resultó en reducción de tiempos de producción, eliminación de desperdicios de espacio y ahorro de tiempo. Estos logros se atribuyen a mejoras en limpieza, organización de herramientas y mejora de procesos. Además, se evaluaron los resultados mediante auditorías, identificando áreas de mejora y su evolución.
- Se identificó las principales operaciones que generan cuello de botella en el proceso productivo del chocolate son: moldeado, enfriamiento y envasado de barras de chocolate. Es así que el moldeado barras de chocolate sólo podían colocarse en la máquina vibratoria a una velocidad de 36 unidades por minuto, lo que generaba que el chocolate que quedaba se enfríe y se tenga que recalentar para poderlo verter en los moldes. Además, se descubrió que el sistema de congelación de barras de chocolate, otra operación importante, creó otro cuello de botella, ya que solo podía acomodar 370 barras cada 30 minutos, que da como resultado que las barras que esperan generen defectos de opacidad, para lo que se cotizaron nuevas máquinas capaces de generar 740 barras en 51 minutos, y evita retrasos en el proceso de producción del chocolate. Finalmente, se recomienda cambiar la dirección de sellado del empaque de la barra de chocolate, que es opuesta a la dirección del flujo, lo que hará que sea continuo y evitará perder tiempo moviendo el producto de un lado a otro, ahorrando 0.12 minutos por caja. Los cambios propuestos ayudarán a reducir el tiempo y el esfuerzo dedicados a estas actividades mediante el uso de herramientas de producción rentables.
- Se determinó por el control de producción en fábrica es de 96 cajas por día para satisfacer constantemente la demanda del mercado. Además, la capacidad total de producción se estima en 140 cajas por día, 44 cajas más que la producción actual, que puede satisfacer cualquier aumento de la demanda.
- Se calculó el tiempo de producción y controlar el proceso, el tiempo de trabajo promedio es de 18.5 horas.
- Finalmente se logró el objetivo principal de la propuesta de mejorar el proceso de producción de chocolate en la empresa Sol Norteño a través de un sólido modelo de gestión de producción que aumente la productividad en un 45.83%, bajo la aplicación de la herramienta como las 5S para la

determinación, eliminación de desperdicios y reducción de tiempos, así como la adquisición de nuevos equipos para aumentar la productividad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aranibar, M. (2016). Aplicación del Lean Manufacturing, para la mejora de la productividad en una empresa manufacturera. Tesis de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima.
- Bonals, J. (2016). El trabajo en equipo del profesorado (1 ed., Vol. 1). Barcelona: Graó.
- Codex Alimentarius. (2016). Norma para el chocolate y los productos del chocolate STAN 87-1981. Enmienda 2016. FAO/OMS, 1-8.
- Faulí, A., Ruano, L., Latorre, M., & Ballester, M. (2016). Implantación del sistema de calidad 5s en un centro integrado público de formación profesional. *Revista Electrónica Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 16(2), 147-161. doi: <https://doi.org/10.6018/reifop.16.2.181081>
- Guarguati, J. (2012). Propuesta de mejoramiento a través de metodología Lean y un programa de planeación de materiales para el proceso de yogurt de la empresa Lácteos Superior. Tesis doctoral, Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá.
- Hernández, J., & Vizán, A. (2013). Lean manufacturing Conceptos, técnicas e implantación. Madrid: Escuela de Organización Industrial. doi:978-84-15061-40-3
- Ho, S. (2019). Japanese 5-S – where TQM begins. *The TQM Magazine*, 11(5), 311-321. doi:10.1108/09544789910282345
- Inacal. (2013). Chocolate y productos del Chocolate. Requisitos Primera edición. (Eqv CODEX STAN 87:1981 Rev. 1:2003 Codex Estándar para Chocolate). Lima.
- Manzano, M., & Gisbert, V. (2016). Lean Manufacturing: Implantación 5S. *3C Tecnología*, 5(4), 16-26. doi:10.17993/3ctecno
- Mattos, A., & Siccha, B. (2016). Propuesta de mejora en las áreas de calidad y logística mediante el uso de herramientas Lean Manufacturing para reducir los costos operativos en le empresa Molino Samán S.R.L. Trujillo.
- Montgomery, D., & Runger, G. (2016). Probabilidad y estadística aplicadas a la ingeniería (Quinta ed.). México: McGraw-Hill.
- Palacios, M., Gisbert, V., & Pérez, E. (marzo de 2016). Sistemas de gestión de la calidad: Lean Manufacturing, Kaizen e ISO 9001. (G. D. Pyme, Ed.) Glosas de Innovación Aplicadas a La Pyme, 175-188. doi: <http://dx.doi.org/10.17993/3ctecno.2015.v4n4e16.175-188>
- Pérez, I. (2017). Implantación de Lean Manufacturing en procesos de producción alimentaria. Tesis de Maestría, Universidad de Valladolid, Valladolid.

- Quintana, P. (2010). Propuesta para la implementación de un sistema de producción, basado en técnicas de Lean Manufacturing, que contribuya al control del inventario en proceso, para la selección de confección de cochones en una empresa productora de espuma. Tesis de pregrado, Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá.
- Rajadell, M., & Sanchez, L. (2017). Lean Manufacturing. La evidencia de una necesidad. Madrid: Ediciones Diaz de Santos. doi:8479785152, 9788479785154
- Robles, V. (2015). Propuesta de mejoramiento del proceso productivo de los cereales en la empresa Big Bran SAS a partir de la implementación de la teoría de Lean Manufacturing. Tesis de pregrado, Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá.
- Sui-PPheng, L., & Danielle, S. (2017). Team performance management: enhancement through Japanese 5-S principles. *Team Performance Management*, 7(7-8), 105-111. doi:10.1108/13527590110411000
- Susilawati, A., Tan, J., Bell, D., & Sarwar, M. (2014). Fuzzy logic-based method to measure degree of lean activity in manufacturing industry. *Journal of Manufacturing Systems*, 34, 1-11. doi:10.1016/j.jmsy.2014.09.007
- Umba, N., & Duarte, J. (2017). Propuesta para implementar herramientas Lean manufacturing para la reducción del tiempo de ciclo en la fábrica de almojabanas El Goloso. Tesis de pregrado, Universidad de la Salle, Bogotá.
- Warwood, S., & Knowles, G. (2015). An investigation into Japanese 5-S practice in UK industry. *The TQM Magazine*, 16, 347-353. doi:10.1108/09544780410551287

ARTÍCULO ORIGINAL

Propuesta de sistema adaptativo para intersecciones semaforizadas en la ciudad de Jaén

Proposal of an adaptive system for traffic signalized intersections in the city of Jaén

José Piedra¹ 

RESUMEN

La investigación tuvo como objetivo, realizar la propuesta de un sistema adaptativo para intersecciones semaforizadas en la ciudad de Jaén, basado en algoritmos y ejecución de un programa. El diseño del estudio fue cuantitativa y experimental. Por tanto, se hizo una recolección y análisis de datos de campo y fuentes primarias, para posterior construir algoritmos con la metodología Knowledge Discovery Databases, pasando a crear una base de información, entrenar y validar con algoritmos de predicción los modelos que incluyó variables seleccionadas, luego predecir tiempos, que clasifican a un nivel de servicio; y finalizar con el desarrollo de un programa usando Visual Studio compatible con los algoritmos generados, todo ello teniendo presente el método Webster y Highway Capacity Manual. Se clasificaron las intersecciones en su situación actual con demoras de 11.41, 8.32 segundos, y niveles de servicio "B", "A"; dos modelos de alta precisión empleando el algoritmo RandomForest con R^2 de 0.995 y 0.996, estimando tiempos de demora y ciclo óptimo; y un programa ejecutable adaptable que calcula y optimiza demoras, ciclos óptimos y niveles de servicios. Este sistema tiene un R^2 del 99.55% con el algoritmo RandomForest capaz de estimar, mejorar y automatizar la operatividad en una intersección semaforizada.

Palabras clave: Sistema adaptativo, intersecciones semaforizadas, algoritmo, programa, demora.

ABSTRACT

The objective of the research was to propose an adaptive system for traffic signalized intersections in the city of Jaén, based on algorithms and program execution. The design of the study was quantitative and experimental. Therefore, field data and primary sources were collected and analyzed to later build algorithms using the Knowledge Discovery Databases methodology, going on to create an information base, train and validate with prediction algorithms the models that included selected variables, then predict times, which classify to a level of service; and finish with the development of a program using Visual Studio compatible with the generated algorithms, all this bearing in mind the Webster method and Highway Capacity Manual. The intersections were classified in their current situation with delays of 11.41 and 8.32 seconds, and levels of service "B", and "A"; two high precision models using the RandomForest algorithm with R^2 of 0.995 and 0.996, estimating delay times and optimal cycle lengths; and an adaptable executable program that calculates and optimizes delays, optimal cycles and levels of service. This system has an R^2 of 99.55% with the RandomForest algorithm capable of estimating, improving, and automating the operability of a traffic-light intersection.

Keywords: Adaptive system, traffic signalized intersections, algorithm, program, delay

* Autor para correspondencia

1 Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional del Santa, Peru. Email: 2020812018@uns.edu.pe

INTRODUCCIÓN

El control del tráfico en las zonas urbanas es cada vez más con el crecimiento exponencial del número de vehículos. La ampliación de la red de carreteras para acomodar el aumento del número de vehículos no es una opción socialmente viable y es esencial aumentar la utilización de la infraestructura existente mediante una regulación adecuada del flujo de tráfico. Los semáforos se introdujeron para controlar el flujo del tráfico, mejorando así la seguridad de los usuarios. Sin embargo, estos crean cuellos de botella para el flujo de tráfico en los carriles que no tienen derecho de paso durante una fase específica y optimización de los tiempos de las señales para reducir el retraso global de todos los vehículos en la intersección. Con ello la optimización puede realizarse fuera de línea (programada previamente) o en línea (adaptativa) (Balaji et al., 2010, p. 177).

La ciudad de Jaén se encuentra actualmente experimentando un crecimiento constante en su población y en el número de vehículos que circulan por sus calles, lo cual ha generado un problema generalizado en todo el país: la congestión del tráfico. Esta situación refleja una gestión deficiente por parte de las autoridades actuales, agravada por los cambios en el sistema de transporte. Es crucial abordar este problema de manera específica, enfocándonos en todas las áreas que presentan deficiencias en lugar de generalizar. Un ejemplo claro de esto son las intersecciones en la ciudad, las cuales sufren de congestión, falta de control, problemas de seguridad, altos índices de accidentes y bajos niveles de servicio. En este contexto, se llevó a cabo un análisis enfocado en las intersecciones semaforizadas de Jaén, con el propósito de mejorar la circulación en el entorno urbano.

Ante esta problemática se emplearon algoritmos de predicción RandomForest, support vector machine (SVM), KNeighbors, Multi-Layer Perceptron (MLP) y Gradient Boosting, mediante la metodología Knowledge Discovery Databases (KDD) con sus fases: etapa de selección, preprocesamiento, transformación, minería de datos e intervención y evaluación de datos, el uso del lenguaje de programación Python, las bibliotecas Sklearn, Numpy, Pandas, Seaborn, Scikit-learn y la interfaz Jupyter Lab, y Visual Studio para crear un interfaz intuitiva para el usuario, para calcular y reducir las demoras en las intersecciones.

El objetivo de la investigación fue realizar la propuesta de un sistema adaptativo para intersecciones semaforizadas en la ciudad de Jaén, mediante el diagnóstico de dos intersecciones, parámetros, diseño de modelos mediante algoritmos que permitan la sustentabilidad y viabilidad del tránsito, elaborando un programa con una interfaz gráfica intuitiva basado en los datos de representación del algoritmo, que calcule y reduzca las demoras.

MATERIALES Y MÉTODOS

Metodología

Se llevó a cabo la recopilación de datos mediante la grabación de videos en ubicaciones estratégicas dentro de las áreas de estudio. Posteriormente, se recopiló información acerca de las características geométricas, de tráfico y semaforicas de cada cruce, con el propósito de obtener los parámetros necesarios para el análisis. Se desarrollaron los algoritmos para la demora y el ciclo óptimo, tomando en consideración las fases de la metodología KDD, así como los métodos de Webster y HCM. A través de los algoritmos desarrollados, se llevó a cabo la creación y ejecución de un programa utilizando el entorno de Visual Studio y el lenguaje de programación Visual Basic .NET (VB.NET), con el objetivo de calcular y reducir los tiempos de demora y ciclo óptimo, y en consecuencia, mejorar el nivel de servicio en cada cruce.

Zona de estudio

Se seleccionaron dos intersecciones semaforizadas básicas en la ciudad, localizadas en un área comercial, en el Noroeste de la localidad de Jaén, con volúmenes vehicular variantes. El diagnóstico realizado en esta área de estudio: la primera intersección en las calles Simón Bolívar con Pardo Miguel, y una segunda intersección en la avenida Villanueva Pinillos con la calle Simón Bolívar. Estas intersecciones forman parte de una vía colectora principal y, en otra medida, de una vía local en Jaén (Ver Figura 1).

Figura 1

a) intersección de calles Pardo M. y Simón B., b) Av. Villanueva P. y calle Simón B.



Matriz de datos

Se creó una matriz de datos con 577 instancias y 16 variables extraídas de información científica; las variables fueron ancho de vía (ANV), tiempo de semáforo en verde (T), Flujo de saturación (ST), tiempo de ciclo (C), coeficiente de verde (Y), grado de saturación (X), flujo del carril (Q) y tiempo de demora

(DM), Número de Fases (NF), Número de carriles (NC), Factor de equivalencia (FE), Flujo vehicular directo (q), Flujo de saturación de la intersección (Yi), Tiempo total perdido por ciclo (P), Flujo peatonal (FP), Tiempo de ciclo optimo (Tco) (Ver Tabla 1).

Tabla 1*Descripción de las variables recolectadas*

Variable	Descripción	Unidad	Tipo
Ancho de la vía	Es la medida horizontal de la superficie de la carretera, desde un lado al otro.	m	Continua
Tiempo de semáforo en verde	Es el intervalo temporal durante el cual el semáforo permite el flujo ininterrumpido de vehículos en una dirección	s	Continua
Saturación	Es el volumen máximo por hora que puede pasar por una intersección con un carril en verde fijo durante una hora.	veh/h/ carril	Continua
Tiempo del ciclo	Es la duración completa de un ciclo de operación de un conjunto de semáforos en una intersección.	s	Discreta
Coefficiente de tiempo de verde	Representa la proporción del tiempo total de un ciclo de semáforo cuando está en fase verde.	-	Continua
Grado de saturación	Representa la proporción del flujo vehicular actual en comparación con la capacidad máxima de la carretera o intersección.	-	Continua
Flujo del carril	Es la cantidad de vehículos que pasan por un carril de una carretera o una vía en un período de tiempo específico	Veh/h	Continua
Tiempo de demora	Es el período de tiempo adicional que un vehículo experimenta al pasar por un punto específico en la red de transporte.	s	Discreta
Número de Fases	Es la cantidad de secuencias distintas de movimientos vehiculares y peatonales que son controladas por el ciclo completo del semáforo.	-	Discreta
Número de carriles	Es la cantidad de pistas disponibles para el flujo de vehículos en una carretera.	-	Discreta
Factor de equivalencia	Es el valor que se asigna al flujo para movimientos rectos (1) y derecha o izquierda (1.2).	-	Continua
Flujo vehicular directo	Es el flujo de automóviles directos, que no dan vuelta, equivalentes por hora	Veh/h	Continua
Flujo de saturación de la intersección	Es la máxima tasa de vehículos que puede pasar a través de una intersección regulada por semáforos.	Veh/h	Continua
Tiempo total perdido por ciclo	Es la multiplicación del número de fases por el tiempo de ámbar (3 a 4 s)	s	Discreta
Flujo Peatonal	Es la cantidad de personas que pasan durante un periodo determinado de tiempo	-	Discreta
Tiempo de ciclo optimo	Es el intervalo de tiempo más eficiente y equitativo que maximiza la capacidad y minimiza las demoras en una intersección regulada por semáforos.	s	Discreta

La Tabla 2, muestra la estadística descriptiva de todas las variables de la base de datos, la variable "ANV" tiene un promedio de 5.73 con una desviación estándar de 1.05. La variable "T" exhibe un promedio de 19.84 con una desviación estándar de 4.33, mientras que "ST" presenta un promedio de 2968.29 con una desviación estándar de 602.02. Similarmente, la variable "C" tiene un promedio de 73.72 con una desviación estándar de 19.92. Las variables "Y" y "X" muestran promedios de 0.282 y 1.94 respectivamente, con desviaciones estándar de 0.07 y 1.01, y rangos de valores entre 0.158 y 0.441 para "Y", y entre 0.072 y 4.36 para "X". Por otro lado, "Q" tiene un promedio de 1519.23 con una desviación

estándar de 722.67, con valores que oscilan entre 64.51 y 2200. "DM", "NF", "NC", "FE", "q", "Yi", "P", "AP" y "Tco" exhiben promedios de 46.92, 5.13, 2.49, 1.14, 584.99, 0.325, 20.52, 37.53 y 60.47 respectivamente, con desviaciones estándar y rangos de valores específicos para cada variable.

Tabla 2*Estadística de las variables de la base de datos*

Variable	Cantidad	Promedio	Desviación Estándar	Mínimo	25%	50%	75%	Máximo
ANV	577	5.73	1.05	4	5	6	7	7
T	577	19.84	4.33	10	16	19	23	29
ST	577	2968.29	602.02	1978.35	2536.95	3150	3675	3675
C	577	73.72	19.92	38	55	90	92	95
Y	577	0.282	0.07	0.158	0.237	0.283	0.321	0.441
X	577	1.94	1.01	0.072	1.18	2.05	2.61	4.36
Q	577	1519.23	722.67	64.51	902	2000	2010	2200
DM	577	46.92	27.27	8.03	19.67	49.78	69.33	107.29
NF	577	5.13	2.92	1	3	5	8	10
NC	577	2.49	1.12	1	1	2	3	4
FE	577	1.14	0.091	1	1	1.2	1.2	1.2
q	577	584.99	366.17	16.8	252.15	593.5	803.6	1399.20
Yi	577	0.325	0.203	0.009	0.140	0.330	0.446	0.777
P	577	20.52	11.66	4	12	20	32	40
AP	577	37.53	7.42	21	31	38	43.75	50
Tco	577	60.47	39.99	11	30	51	80.75	213

Knowledge Discovery in Databases

Etapa de selección

Para la selección de los atributos, se analizó la distribución de cada variable. A continuación, se utilizó la biblioteca Sklearn en la interfaz Jupyter Lab y se ejecutó el algoritmo "RandomForest", que evalúa el valor de las variables midiendo la ganancia relativa a la variable de salida utilizando el comando "model.feature_importances_". Después de realizar el proceso de clasificación de atributos, se procedió a la elección de las variables cuyo peso superó el umbral de 0.5 (Ver Tabla 3).

Tabla 3*Variables seleccionadas que proporcionan la mayor información*

Variable	Símbolo	Peso
Ancho de la vía	ANV	0.63
Tiempo de semáforo en verde	T	0.52
Saturación	ST	0.65
Tiempo del ciclo	C	0.92
Coefficiente de verde	Y	-0.80
Grado de saturación	X	0.93
Flujo del carril	Q	0.85
Número de Fases	NF	0.76
Flujo vehicular directo	q	0.62
Flujo de saturación de la intersección	Yi	0.63
Tiempo total perdido por ciclo	P	0.76

Preprocesamiento y limpieza

Durante la fase de recolección de datos, es habitual encontrar la matriz de datos con instancias nulas o que presentan anomalías, lo que introduce ruido en el proceso de extracción de conocimientos. Para resolver este problema, se aplicó un procedimiento de limpieza de datos con el fin de mejorar su calidad. Este proceso se realizó empleando el lenguaje de programación Python, mediante la interfaz Jupyter Lab junto con las bibliotecas Numpy, pandas y seaborn.

Transformación y reducción

Se procedió a la identificación de atributos con mayor representación de datos asociados al tiempo de demora y ciclo óptimo, empleando métodos de transformación destinados a la disminución del número efectivo de variables. Asimismo, se llevaron a cabo estrategias para la obtención de representaciones invariables respecto a los datos mediante el empleo de técnicas estadísticas (Ver Tabla 4).

Tabla 4
Grupo de variables de acuerdo a su importancia

Grupo	Variables
MP_1	Ancho de la vía, Tiempo de semáforo en verde, Saturación, Tiempo del ciclo, Coeficiente de verde, Grado de saturación, Flujo del carril
MP_2	Número de Fases Flujo vehicular directo, Flujo de saturación de la intersección, Tiempo total perdido por ciclo
MP_3	Ancho de la vía Tiempo del ciclo, Coeficiente de verde, Grado de saturación, Flujo del carril
MP_4	Número de Fases, Flujo de saturación de la intersección, Tiempo total perdido por ciclo
MP_5	Tiempo del ciclo, Coeficiente de verde, Grado de saturación, Flujo del carril

Minería de datos

Se empleó el lenguaje de programación Python, mediante la interfaz de JupyterLab junto con el paquete Scikit-learn 1.1.2, diseñado específicamente para aplicaciones de aprendizaje automático en Python. Este engloba una amplia gama de algoritmos de aprendizaje automático, que abarcan técnicas supervisadas y no supervisadas, presentadas de forma cohesionada a través de una interfaz uniforme y centrada en las tareas. Los algoritmos de predicción empleados para el entrenamiento y la extracción de patrones fueron RandomForest, support vector machine (SVM), KNeighbors, Multi-Layer Perceptron (MLP) y Gradient Boosting. Estos se caracterizan por sus tres componentes de representación del conocimiento, evaluación y búsqueda, mantienen un equilibrio, minimizando el sesgo sin afectar a la varianza, adaptándose a diversos tipos de datos. Posteriormente, se configuraron los hiperparámetros, como se indica en la Tabla 5, para garantizar la optimización del rendimiento y la generalización del modelo.

Tabla 5
Configuración de los hiperparámetros de los algoritmos

Algoritmo	Hiperparámetros
RandomForest	n_estimators = 50, max_depth = None, min_samples_split = 3, min_samples_leaf=2, random_state=42
Support Vector Machine	Kernel = rbf, C = 1.0, Epsilon = 0.1, Gamma = scale
KNeighbors	n_neighbors = 5, weights = uniform, algorithm = auto leaf_size = 30
Multi-Layer Perceptron	hidden_layer_sizes = 100 activation = relu, solver = adam, alpha = 0.0001, learning_rate = constant, max_iter = 100
Gradient Bossting	n_estimators = 10, learning_rate = 0.2, max_depth = 2, min_samples_split = 4, min_samples_leaf = 1, subsample = 1.0

Intervención y evaluación de datos

Tras el entrenamiento de los grupos MP_1, MP_2, MP_3, MP_4 y MP_5 con la base de datos adquirida y los modelos de minería, se llevó a cabo un análisis comparativo de los resultados predichos frente a los valores reales utilizando métricas de rendimiento, error cuadrático medio (RMSE), cuadrados totales del error (SSE), coeficiente de determinación (R^2) y error relativo (RE), ver ecuaciones (1)-(4).

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^T (Y_t - P_t)^2}{T}} \quad (1)$$

$$SSE = \sum_{t=1}^T (P_t - \bar{P}_t)^2 \quad (2)$$

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{t=1}^T (Y_t - P_t)^2}{\sum_{t=1}^T (Y_t - \bar{P}_t)^2} \quad (3)$$

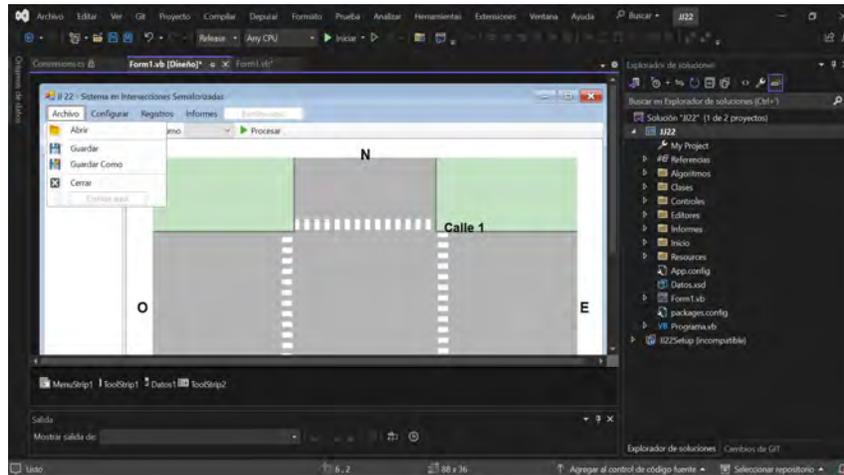
$$RE = \left| \frac{R_{real} - R_{simul}}{R_{real}} \right| \times 100 \quad (4)$$

Programa

Se desarrolló el programa JJ22, empleando la máquina virtual Framework .net, el Entorno de desarrollo integrado o IDE (Integrated Development Enviroment) de Visual Studio Community 2022 y el lenguaje de programación Microsoft Visual Basic .NET (VB.NET). Generando la interfaz con las herramientas de editor de iconos, y personalización de controles de Visual Studio, se agregaron los elementos "Archivo",

"Configurar", "Registros", "Informes", "Vehículos", "Turno", "Procesar" y "Fases". Estos elementos tienen diferentes funcionalidades para la gestión y control de intersecciones semaforizadas, incluyendo la configuración de parámetros, el registro de datos, la generación de informes y la gestión de vehículos y turnos (Ver Figura 2).

Figura 2
Creación de sub ventanas en cada pestaña del programa



RESULTADOS

Caracterización y análisis del accionar de las intersecciones

El análisis inicial para validar el algoritmo requirió examinar la presencia y eficacia de la señalización en dos intersecciones semaforizadas consideradas como puntos base en la ciudad. Estas intersecciones (Figura 3), fueron: la primera intersección a) calles Simón Bolívar con Pardo Miguel, con coordenadas UTM Norte (N): 9368514 y Este (E): 742668. y la segunda intersección está en b) la avenida Villanueva Pinillos con la calle Simón Bolívar, con coordenadas UTM Norte (N): 9368578 y Este (E): 742834.

Figura 3
Control y señalización en las dos intersecciones a) y b)

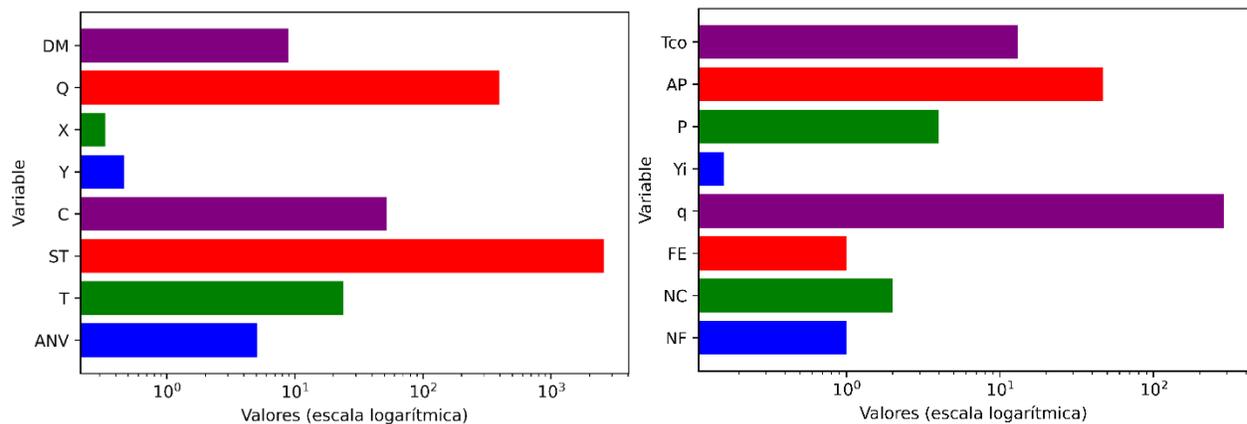


Matriz de datos

La matriz de datos fue conformada por 577 instancias y 16 variables extraídas de información científica, proporcionando una base sólida para la investigación. La primera base de datos se recolecto en función de las variables que influyen en el tiempo de demora y la segunda en función de variables que influyen en el tiempo de ciclo optimo (Ver Figura 4). Estas incluyen las características las cuales abarcan un espectro integral de factores relevantes para estudio del tránsito en intersecciones.

Figura 4

Base de datos de las variables que influyen en el tiempo de demora y tiempo de ciclo óptimo



Metodología KDD

Después de entrenar y validar los modelos MP_1, MP_2, MP_3, MP_4 y MP_5, distribuidos en dos grupos para determinar el tiempo de demora (MP_1, MP_3 y MP_5) y para el cálculo del tiempo de ciclo óptimo (MP_2 y MP_4) con los algoritmos RandomForest, Support, Vector Machine (SVM), KNeighbors, Multi-Layer Perceptron (MLP) y Gradient Bossting se obtuvo los siguientes estadísticos R y R².

Modelo MP_1 y MP_2

El modelo MP_1 se conformó por el Ancho de la vía, Tiempo de verde, Saturación, Tiempo del ciclo, Coeficiente de verde, Grado de saturación, Flujo del carril. El MP_2 por el Número de Fases, Flujo vehicular directo, Flujo de saturación de la intersección, Tiempo total perdido por ciclo.

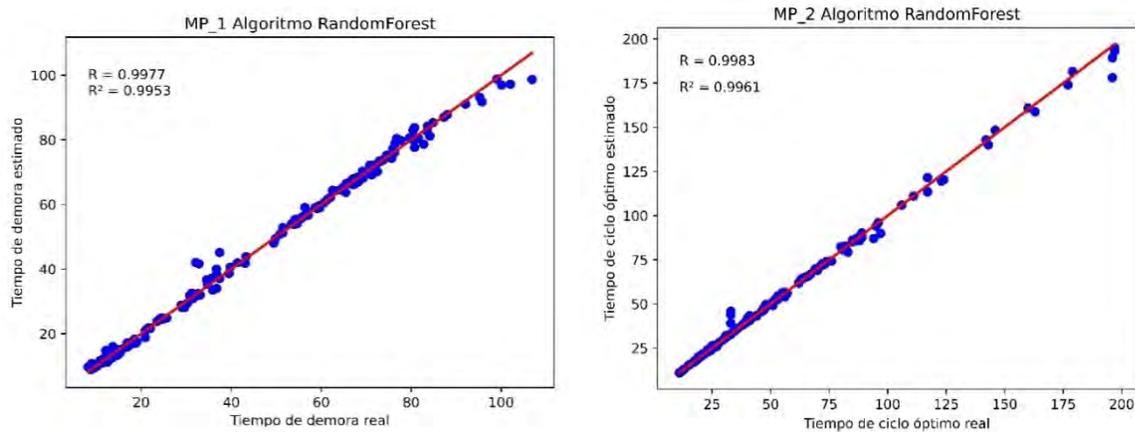
Tabla 6

Estadísticos de precisión de los algoritmos de los modelos

Algoritmos	MP 1 (R)	MP 1 (R ²)	MP 2 (R)	MP 2 (R ²)
RandomForest	0.998	0.995	0.998	0.996
Support, Vector Machine	0.846	0.689	0.638	0.325
KNeighbors	0.985	0.970	0.943	0.884
Multi-Layer Perceptron	0.895	0.788	0.957	0.893
Gradient Bossting	0.991	0.964	0.983	0.910

La Tabla 6, presenta los resultados de la aplicación de diferentes algoritmos de aprendizaje automático al conjunto de datos, evaluados mediante las métricas R y R^2 . Se observa que el MP_1 con el algoritmo RandomForest ha logrado un rendimiento alto, con valores de 0.998 y 0.995 para R y R^2 , y para el MP_2 también obteniendo valores de 0.998 y 0.996 para R y R^2 respectivamente (Ver Figura 5).

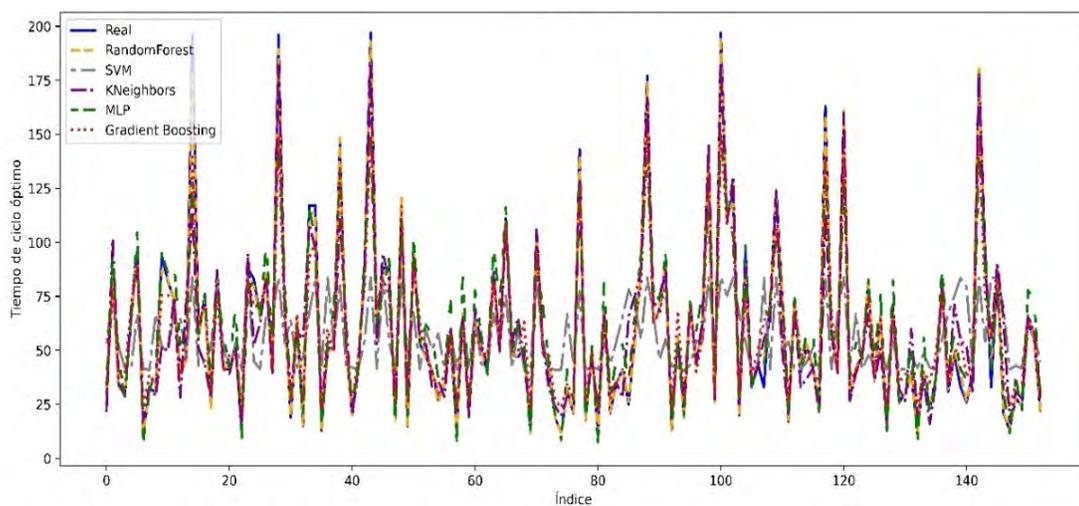
Figura 5
Precisión de los algoritmos del modelo MP_1 y MP_2



Validación de los algoritmos

Durante el proceso de entrenamiento, se observó que los modelos con alta precisión fueron el MP_1, empleando el algoritmo RandomForest, con un R^2 de 0.995 para la estimación del tiempo de demora, y el MP_2, con el algoritmo RandomForest, con un R^2 de 0.996 para la determinación del tiempo de ciclo óptimo (Ver Figura 6). Estos algoritmos se utilizaron para el desarrollo del programa, se guardaron en formato “joblib” y se exportaron a la extensión “ONNX”.

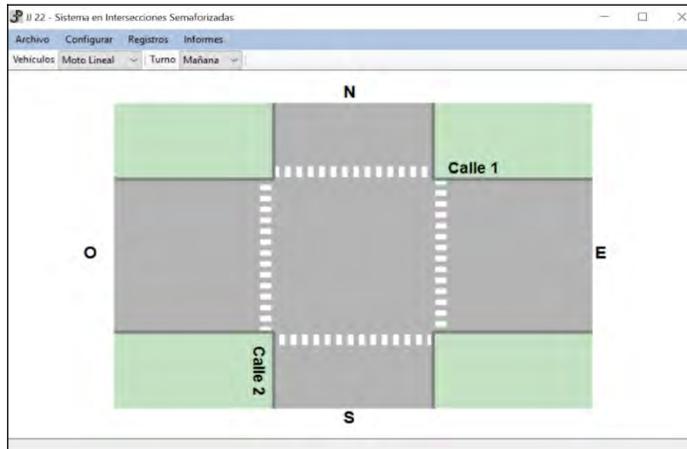
Figura 6
Validación de los cinco algoritmos del modelo



Interfaz de inicio del Programa

La interfaz contiene un conjunto de funcionalidades: la gestión de archivos, configuraciones personalizadas, registro de datos, generación de informes, configuración del tipo de vehículo, turnos y la gráfica de la intersección la cual muestra las condiciones asignadas para el análisis, mostrando los datos de flujo vehicular según el sentido, Norte (N), Sur (S), Este (E) y Oeste (O), y el nombre de las calles (Ver Figura 7).

Figura 7
Pestañas multifuncionales del programa JJ22



Determinación del tiempo de demora

Para determinar el tiempo de demora, se accede a la pestaña de informes y se elige la sección denominada 'Demora actual'. A continuación, se selecciona el ícono de procesamiento, que utiliza el algoritmo previamente entrenado considerando las variables más significativas. Los resultados obtenidos se presentan en una sub ventana para cada sentido y en la parte inferior se proporciona información detallada sobre la demora total de la intersección y el nivel de servicio (Ver Figura 8).

Figura 8
Cálculo del tiempo de demora

The figure shows two screenshots of the 'Calculo de Demora' window. Both windows have a menu bar with 'Analizar' and 'Caso: Auto EQ - Turno: Tarde'. The first screenshot shows a table with the following data:

Turno	Via	Sentido	Camiles	Ancho	Saturación	C	Y	X	Q	Demora	Nivel de Servicio
Tarde	Calle Pardo Miguel	NS	2	5.06	2605.673	52	0.4615	0.6492	774.64	11.406	B
Tarde	Calle Pardo Miguel	SN	2	5.06	2605.673	52	0.4615	0.7358	870.03	11.70	B
Tarde	Calle Simón Bolívar	EO	1	8.59	4509.75	52	0.4231	0.0942	179.68	9.192	A

Below the table, the summary statistics are: Demora de la Intersección: Demora: 11.8 Seg. Nivel de Servicio: B.

The second screenshot shows a table with the following data:

Turno	Via	Sentido	Camiles	Ancho	Saturación	C	Y	X	Q	Demora	Nivel de Servicio
Tarde	Avenida Villanueva Pinillos	SN	1	11.4	5985	47	0.4468	0.3031	810.5	9.633	A
Tarde	Calle Simón Bolívar	EO	1	9.52	4990	47	0.4295	0.1243	264.25	8.574	A

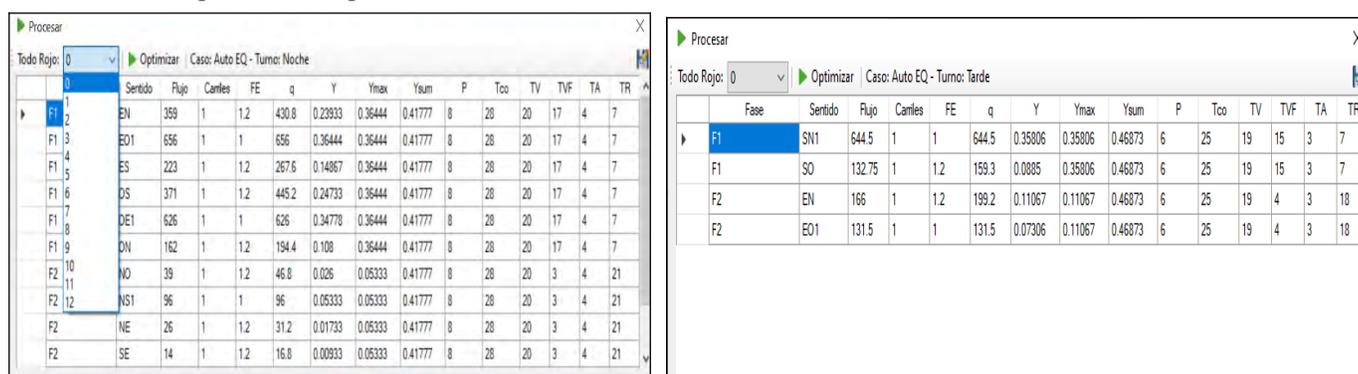
Below the table, the summary statistics are: Demora de la Intersección: Demora: 9.6 Seg. Nivel de Servicio: A.

Determinación del tiempo de ciclo óptimo

Se ingresa en la pestaña ‘Informes’ y se selecciona la sección ‘Optimizar ciclo’. Posteriormente se cargan los datos de la "Fase", "Sentido", "Flujo", "Carriles", "FE: Factor de equivalencia", "q: Flujo vehicular directo", "Y: Flujo de saturación", "Ymax: Flujo de saturación máxima", "Ysum: Sumatoria del flujo de saturación", "P: Tiempo total perdido por ciclo", "Tco: Tiempo de ciclo óptimo", "TV: Tiempo de total de verde", "TVF: Tiempo de verde de fase", "TA: Tiempo de ámbar de fase" y "TR: Tiempo de rojo de fase". Además, se puede habilitar un tiempo de todo rojo a las fases dentro de la intersección con diferentes valores según la literatura de 0 a 12 s (Ver Figura 9).

Figura 9

Cálculo del tiempo de ciclo óptimo



DISCUSIÓN

La selección de las intersecciones, trabajo de campo, y el control de los tiempos de luces de los semáforos y sus ciclos; compatibilizan con ALI et al. (2021) quienes seleccionaron su area de estudio, considerando la disponibilidad de datos reales, para el control de señales de tráfico con un método adaptativo; así mismo Celis-Peñaranda et al. (2016) y Savithramma et al. (2022), emplearon los datos de las señales, incluyendo la duración del ciclo en segundos, para el análisis de control adaptativo; An et al. (2022) seleccionaron dos intersecciones en Jungbu-daero en Yongin ciudad con diferentes duraciones de ciclo; concordando con Zhang et al. (2021) donde el ciclo de la intersección entre Fengze Road y Tianan South Road, en la provincia de Fujian tiene un período de 141 s; al igual que Bashiri (2020) que muestra una cantidad de 48 segundos para el ciclo del semáforo.

Las variables recolectadas para la base de datos son similares a las reportadas por diferentes investigadores, Shaikh et al. (2022), recogió las siguientes variables flujo vehicular, tasa del tráfico, longitud de la cola de vehículos, congestión y el retraso del vehículo para determinar el tiempo de ciclo mediante algoritmos genéticos. Qian et al. (2013) y Balaji et al. (2010), emplearon las variables número de vehículos, retraso medio y velocidad media actual del vehículo para crear un modelo con algoritmos

genéticos. Wijaya et al. (2019), recolectó las variables volumen de vehículos, duración del verde, amarillo y rojo, flujo de saturación y equivalente de pasajeros de automóvil para optimizar la eficacia de la duración de la señal en la intersección. Por otro lado, Olayode et al. (2022) utiliza variables de flujo de tráfico como variables de decisión, para su algoritmo generativo.

El tiempo de ciclo determinado por el algoritmo son similares a Shelby (2004), quien optimizó el tiempo fijo de Webster, mediante los algoritmos COP-97 y ALLONS-D, con una precisión del 90% reduciendo la demora del tráfico en una intersección de los Estados Unidos, Zhang et al. (2021), mediante algoritmos genéticos mejorados reduce el retardo de intersección en un 15.64% con alta precisión. Por otro lado, Support Vector Machine muestra valores más bajos de 0.638 y 0.325, sugiriendo un rendimiento limitado en comparación con RandomForest. KNeighbors exhibe un desempeño alto con R y R^2 de 0.943 y 0.884, mientras que Multi-Layer Perceptron y Gradient Boosting presentan resultados intermedios con R y R^2 de 0.957, 0.893 y 0.983, 0.910, respectivamente, similares a los obtenidos por Shamlitskiy et al. (2023), quien emplea redes neurales para optimizar el tiempo de ciclo óptimo con una precisión del 90%.

Las funciones elementales que contiene el programa: ingreso, cálculo e informes de desarrollo de la intersección semaforizada; son similares a las de Alkandari et al. (2014) el cual genera un sistema de control inteligente que se ejecuta mediante software de simulación, permitiendo opciones que el usuario puede controlar; corrobora con Jiajia & Xingquan (2020) que para su interfaz gráfica en su intersección única, los vehículos podrán ingresar desde 4 direcciones: este, oeste, sur y norte; similarmente con Doçi et al. (2022) que en su panel frontal (para su programa), se encuentra diseñado el tablero de control de intersección con elementos y variables importantes, en este panel se crean las variables de entrada/salida necesarias y otros parámetros de control de semáforos.

CONCLUSIONES

Se identificaron dos intersecciones semaforizadas base en la ciudad de Jaén, representativas de situaciones reales y actuales. Estas intersecciones fueron seleccionadas como zonas de estudio, donde se extrajeron y analizaron detalladamente sus condiciones de señalización, tanto vertical como horizontal, y de control, incluyendo la configuración de semáforos presincronizados. La información obtenida se integró en la base de datos y se utilizó para validar el sistema adaptativo propuesto.

Las intersecciones formadas por calles y por avenida-calle presentaron características geométricas basadas en dos carriles, con anchos promedio que variaron desde 4.44 m a 5.15 m y de 4.36 m a 6.70 m, y pendientes que oscilaron entre -0.027 y 0.015, y de -0.002 a 0.022, respectivamente. Según el enfoque

tradicional (Webster), se determinó y clasificó cada intersección en su situación actual, con demoras de 11.41 y 8.32 segundos, y niveles de servicio "B" y "A", respectivamente.

Con el empleo de la metodología Knowledge Discovery Databases (KDD), siendo su esencialidad la minería de datos, y siguiendo los patrones de sus fases, de los cinco modelos desarrollados y con el uso de cinco algoritmos de predicción para el entrenamiento, dos modelos lograron alta precisión empleando el algoritmo RandomForest con valores R^2 de 0.995 y 0.996, para predecir, uno de ellos tiempo de demora y el otro para tiempo de ciclo óptimo; siendo sustentables para usarse en la elaboración del programa.

Se plantearon algoritmos adaptativos que dieron lugar al diseño del programa "JJ22" en el entorno de Visual Studio Community 2022. Este proceso incluyó una fase de diseño que abarcó las interfaces gráficas para el inicio, ingreso de datos, cálculos e informes, y una fase de desarrollo que comprendió los códigos correspondientes a estas funcionalidades. El programa resultante es ejecutable y adaptable, ya que calcula y optimiza demoras, ciclos óptimos y niveles de servicio. Durante las pruebas realizadas en la intersección entre calles, el programa estimó y redujo los tiempos de ciclo óptimo y semafóricos, estableciéndolos en 28 segundos para las calles y 25 segundos para la avenida-calle.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ali, M. E. M., Durdu, A., Celtek, S. A., & Yilmaz, A. (2021). *An Adaptive Method for Traffic Signal Control Based on Fuzzy Logic With Webster and Modified Webster Formula Using SUMO Traffic Simulator*. 10.1109/ACCESS.2021.3094270
- Alkandari, A., Al-Shaikhli, I. F., & Alhaddad, A. (2014). Optimization of traffic control methods comparing with dynamic webster with Dynamic Cycle Time (DWDC) using simulation software. *2014 10th International Conference on Natural Computation (ICNC)*, 1071-1076. <https://doi.org/10.1109/ICNC.2014.6975989>
- An, H. K., Awais Javeed, M., Bae, G., Zubair, N., M. Metwally, A. S., Bocchetta, P., Na, F., & Javed, M. S. (2022). *Optimized Intersection Signal Timing: An Intelligent Approach-Based Study for Sustainable Models*. <https://doi.org/10.3390/su141811422>
- Balaji, P. G., German, X., & Srinivasan, D. (2010). Urban traffic signal control using reinforcement learning agents. *IET Intelligent Transport Systems*, 4(3), 177. <https://doi.org/10.1049/iet-its.2009.0096>
- Bashiri, M. (2020). *Data-Driven Intersection Management Solutions for Mixed Traffic of Human-Driven and Connected and Automated Vehicles*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2012.05402>

- Celis-Peñaranda, J. M., Escobar-Amado, C. D., Sepúlveda-Mora, S. B., Castro-Casadiego, S. A., Medina-Delgado, B., & Ramírez-Mateus, J. J. (2016). *Control adaptativo para optimizar una intersección semafórica basado en un sistema embebido*. <https://doi.org/10.17230/ingciencia.12.24.8>
- Doçi, I., Duraku, R., & Hoti, B. (2022). *Design Of Traffic Intersection Model And Regulation With Software And Microcontrollers*. https://www.scientificbulletin.upb.ro/rev_docs_arhiva/full1a5_875407.pdf
- Jiajia, L., & Xingquan, Z. (2020). *Research on Fuzzy Control and Optimization for Traffic Lights at Single Intersection*. <https://www.china-simulation.com/EN/10.16182/j.issn1004731x.joss.20-FZ0498>
- Olayode, O. I., Tartibu, L. K., & Okwu, M. O. (2022, enero 25). *Application of Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System Model on Traffic Flow of Vehicles at a Signalized Road Intersections*. ASME 2021 International Mechanical Engineering Congress and Exposition. <https://doi.org/10.1115/IMECE2021-70956>
- Qian, R., Lun, Z., Wenchen, Y., & Meng, Z. (2013). A Traffic Emission-saving Signal Timing Model for Urban Isolated Intersections. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 96, 2404-2413. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2013.08.269>
- Savithamma, R. M., Sumathi, R., & Sudhira, H. S. (2022). *A Comparative Analysis of Machine Learning Algorithms in Design Process of Adaptive Traffic Signal Control System*. 10.1088/1742-6596/2161/1/012054
- Shaikh, P. W., El-Abd, M., Khanafer, M., & Gao, K. (2022). A Review on Swarm Intelligence and Evolutionary Algorithms for Solving the Traffic Signal Control Problem. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 23(1), 48-63. <https://doi.org/10.1109/TITS.2020.3014296>
- Shamlitskiy, Y., Popov, A., Saidov, N., & Moiseeva, K. (2023). Transport Stream Optimization Based on Neural Network Learning Algorithms. *Transportation Research Procedia*, 68, 417-425. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2023.02.056>
- Shelby, S. G. (2004). Single-Intersection Evaluation of Real-Time Adaptive Traffic Signal Control Algorithms. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 1867(1), 183-192. <https://doi.org/10.3141/1867-21>
- Wijaya, D. D. A., Luckyarno, Y. F., Utami, S. S., & Prasetyo, R. (2019). *Analysis of Vehicle Waiting Time Efficiency Using Webster Method and Newton's Divided Difference: Case Study at Mirota Kampus Intersection, Yogyakarta, Indonesia*.
- Zhang, H., Yuan, H., Chen, Y., Yu, W., Wang, C., Wang, J., & Gao, Y. (2021). Traffic Light Optimization Based on Modified Webster Function. *Journal of Advanced Transportation*, 2021, e3328202. <https://doi.org/10.1155/2021/3328202>

ARTÍCULO ORIGINAL

Dislipidemia asociada en pacientes con hipertensión arterial atendidos en el centro de salud Ambato Tamborapa- Bellavista, 2023

Associated dyslipidemia in patients with arterial hypertension treated at the Ambato Tamborapa-Bellavista health center, 2023

Lucy Zurita¹ * y Yudelly Torrejón¹ 

RESUMEN

El objetivo fue establecer la relación de la dislipidemia con la hipertensión arterial en pacientes atendidos en el Centro de Salud Ambato Tamborapa – Bellavista, 2023. Se empleó una metodología de enfoque cuantitativo, tipo básico, descriptivo, prospectivo y correlacional con un diseño no experimental. La muestra lo conformaron 100 pacientes, para el análisis de datos se empleó el software estadístico SPSS versión 27, se aplicó la prueba de correlación Rho de Spearman. Los resultados indican que el 57% tienen presión sistólica leve, el 32% moderado y el 11% severo. Mientras que, en presión diastólica el 52% tiene nivel leve, el 44% moderado y el 4% severo. En colesterol, el 61% presentan nivel alto y el 39% muy alto, el HDL el 46% tienen niveles altos y el 54% muy altos, en LDL el 90% tienen niveles altos y 10% muy altos, los triglicéridos el 79% presentan niveles altos y 21% tienen muy altos. El colesterol, triglicéridos y la hipertensión arterial obtuvieron relación positiva y directa, teniendo el colesterol ($r=0.165$), triglicéridos ($r=0.10$), en el HDL y LDL con la hipertensión arterial presentaron un valor de significancia $p \leq 0.05$.

Palabras clave: Dislipidemia, factor de riesgo, hipertensión arterial.

ABSTRACT

The objective of this study was to establish the relationship between dyslipidemia and high blood pressure in patients treated at the Ambato Tamborapa Health Center - Bellavista, 2023. The methodology employed was a quantitative approach of basic, descriptive, prospective and correlational type was used with a non-experimental design. The sample consisted of 100 patients. Data analysis was conducted using the statistical software SPSS version 27 and Spearman's Rho correlation test was applied. The results indicate that 57% have mild systolic pressure, 32% moderate and 11% severe. While, in Diastolic Pressure 52% have a mild level, 44% have a moderate level and 4% have a severe level. In cholesterol, 61% have high levels and 39% have very high levels, HDL 46% have high levels and 54% have very high levels, LDL 90% have high levels and 10% have very high levels, triglycerides 79% have high levels and 21% have very high levels. Cholesterol, triglycerides and arterial hypertension obtained a positive and direct relationship, with cholesterol ($r=0.165$) for triglycerides ($r=0.110$) in HDL and LDL with arterial hypertension presenting a significance value $p \leq 0.05$.

Keywords: Dyslipidemia, risk factor, arterial hypertension

* Autor para correspondencia

1 Universidad Nacional de Jaén, Perú. Email: lucy.zurita@est.unj.edu.pe, yudelly.torrej@unj.edu.pe

INTRODUCCIÓN

La dislipidemia es una serie de trastornos metabólicos asintomáticos que constituyen una preocupación mundial para la Salud Pública. Estas enfermedades se caracterizan por alteraciones en niveles sanguíneos de lipoproteínas que conllevan un alto riesgo para la Salud (Candas et al. 2019). Las dislipidemias se asocian con la aparición y presencia de estas enfermedades crónicas, lo que afecta significativamente la calidad de vida y la esperanza de vida de los pacientes afectados (Pavía et al., 2022). Esta investigación se enfoca en identificar y analizar las dislipidemias, con el fin de obtener una comprensión más profunda de cómo afecta a la Salud Pública.

La hipertensión arterial es considerada una de las enfermedades crónicas no infecciosas. Por lo tanto, cabe mencionar que la hipertensión arterial es la fuerza que ejerce la sangre sobre las paredes arteriales (Corella y Ordovás, 2017). Según investigaciones las enfermedades cardiovasculares y la hipertensión pueden estar relacionadas con la dislipidemia (Armijos et al. 2021).

Núñez (2017), en su investigación determinó la relación entre la dislipidemia y el control de la hipertensión arterial en pacientes atendidos en la unidad de Salud de Baracoa en Puerto Cortés – Honduras. La muestra estuvo conformada por 150 pacientes, el 60% tenían hipertensión alta, mientras que el 40% tenían hipertensión controlada. Los resultados del estudio mostraron una asociación significativa entre los niveles altos de LDL, con un valor de $p < 0.039$. Además, se encontró una asociación significativa entre la hipertensión y los niveles de HDL, con un valor de $p = 0.032$. Cabe mencionar que los resultados también indicaron que la hipertensión arterial no estuvo significativamente asociada con los niveles altos de triglicéridos ($p = 0.156$) ni con el colesterol ($p = 0.318$), ya que estos valores de p son mayores de 0.05, lo que indica que no hay diferencias significativas en estos casos.

Asimismo, León et al. (2020), en su investigación su objetivo fue determinar la prevalencia de dislipidemia, obesidad e hipertensión en un grupo de administradores universitarios de la región de Ecuador Utilizaron el software estadístico SPSS. Sus resultados mostraron que el 36,66% presentaba hipercolesterolemia, y el 41,66% presentaba hipertrigliceridemia. Además, el 55% de los pacientes tenía HDL altos, y el 18,33% LDL altos. La dislipidemia mixta afecta entre el 20% y el 10% de la población, el 18% tuvo hipertensión alta. Sin embargo, la dislipidemia, excepto el LDL alto, no mostró una relación significativa con la hipertensión.

Además, Quishpe y Champutiz (2022), determinaron la incidencia y factores relacionados con las dislipidemias en el Hospital Básico Cayambe. La muestra lo conformaron 1415 pacientes. Los resultados mostraron que la prevalencia global de dislipidemia fue de 79.8%. El 46.5% de los pacientes

con triglicéridos resultaron ser la dislipidemia más común, seguida del colesterol con el 36%, LDL 29.6% y HDL con 24,2%, la hipertensión arterial el 23,9%. Además, observaron relaciones significativas entre hipercolesterolemia e hipertensión arterial ($p: 0.001$), el HDL ($p: 0.000$). Los datos se analizaron mediante la prueba de Chi cuadrado, $p < 0.05$.

Castro (2021), determinó la relación entre la dislipidemia e hipertensión arterial como factor de riesgo en el Hospital General de Jaén. La muestra lo conformaron 137 pacientes. Los resultados mostraron que el 56.20% presentaban hipertensión leve; el 22.62% tenía hipertensión moderado; y el 21.16% tenían hipertensión severa. Asimismo, 79.56% de los pacientes presentó dislipidemia; 67,8% tenían hipercolesterolemia; y el 48.4% tenía enfermedad cardiovascular. Considerando la razón de prevalencia del 56.20% y el valor de Chi^2 de 4.17 que es superior al punto crítico de 3.84 (tabulado) los resultados muestran que la dislipidemia se asocia significativamente con la hipertensión arterial.

Por lo tanto, esta investigación generó un aporte teórico al investigar sobre la dislipidemia como factor de riesgo de la hipertensión arterial, lo que significa una fuente importante de información para futuras investigaciones en el tema de estudio. Aporta al nivel práctico y social al constituirse como guía en el planteamiento de estrategias para reducir casos de dislipidemia en pacientes con hipertensión arterial. Además, cumple con ser un referente para ser aplicado en las intervenciones dentro del campo de la Salud

Del mismo modo se planteó el objetivo general dirigido a establecer la relación de la dislipidemia con la hipertensión arterial en pacientes atendidos en el Centro de Salud Ambato Tamborapa – Bellavista, 2023. Por lo que los objetivos específicos se enfocaron en: Identificar el nivel más frecuente de la hipertensión arterial en pacientes atendidos en el Centro de Salud Ambato Tamborapa – Bellavista, 2023 y determinar la prevalencia de dislipidemia en pacientes con hipertensión arterial atendidos en el Centro de Salud Ambato Tamborapa – Bellavista, 2023.

MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación es de enfoque cuantitativa, tipo básica, descriptiva, prospectiva y correlacional con un diseño no experimental y de corte transversal (Mohamed et al. 2023). La muestra estuvo conformada por 100 pacientes atendidos en el Centro de Salud Ambato Tamborapa

La técnica de recolección de información fue el análisis documental, mediante la revisión de historias clínicas para recolectar datos sobre dislipidemia e hipertensión arterial en los pacientes atendidos en el Centro de Salud antes mencionado.

Se utilizó una ficha de recolección de datos, validada previamente por un panel de expertos. La recopilación de datos se llevó a cabo de la siguiente manera:

- Se solicitó y obtuvo permiso del jefe del establecimiento del Centro de Salud Ambato Tamborapa para acceder a las historias clínicas necesarias (Ferrari Penadillo, 2023).
- Se realizó una campaña de salud en la que se recolectaron todos los datos necesarios utilizando la ficha de recolección de datos validada.
- Se procedió a la extracción de muestras sanguíneas utilizando tubos vacutainer sin aditivo.
- Las muestras se dejaron coagular y se centrifugaron a 5000 RPM durante 5 minutos.
- Los resultados obtenidos se registraron en hojas de resultados de laboratorio.

Para el procesamiento de los datos recolectados, se utilizó el software estadístico SPSS versión 27. Para determinar asociaciones entre variables categóricas, se aplicó la prueba estadística de correlación Rho de Spearman. Los resultados se presentan en tablas estadísticas para facilitar su interpretación y análisis.

RESULTADOS

En la Tabla 1, La presión sistólica se distribuye de la siguiente manera: el 57% de los casos presenta un nivel leve, el 32% un nivel moderado y el 11% un nivel severo. En cuanto a la presión diastólica, el 52% muestra un nivel leve, el 44% un nivel moderado y el 4% un nivel severo.

Tabla 1

Frecuencia de los niveles de hipertensión arterial

Presión arterial	Escala de niveles						Total
	Leve		Moderado		Severo		
	(S) 120 – 139 (D) 80 -89		(S) 140 – 159 (D) 90 -99		(S) > 160 (D) > 100		
	F	%	F	%	f	%	
Sistólica (S)	57	57	32	32	11	11	100
Diastólica (D)	52	52	44	44	4	4	100

En la Tabla 2, se observó que el 61% tienen colesterol alto y el 39% muy alto. Con respecto al HDL el 46% tiene nivel alto y el 54% muy alto. El LDL presenta el 90% nivel alto y el 10% en nivel muy alto. Los triglicéridos presentan el 79% nivel alto y el 21% muy alto.

Tabla 2*Dislipidemias en pacientes con hipertensión arterial*

Dislipidemias	Categorías				TOTAL
	Alto (A)		Muy alto (MA)		
	f	%	f	%	
Colesterol					
(A) 200 – 239	61	61	39	39	100
(MA) >240					
HDL					
(A) 40-60	46	46	54	54	100
(MA) > 60					
LDL					
(A) 160-189	90	90	10	10	100
(MA) >190					
Triglicéridos					
(A) 200 – 499	79	79	21	21	100
(MA) >500					

La tabla 3, se visualiza la relación entre el colesterol y la hipertensión arterial de los pacientes atendidos en el Centro de Salud Ambato Tamborapa. La relación es positiva, siendo un valor Rho de spearman $r=0.165$ con una significancia de valor $p = 0.101 \geq 0.05$. De acuerdo a la tabla Rho, la correlación se ubica en un nivel “positiva”.

Tabla 3*Relación entre los niveles de colesterol y la hipertensión arterial*

		Correlaciones		
			Colesterol I	Hipertensión arterial
Rho de Spearman	Colesterol	Coeficiente de correlación	1.000	.165
		Sig. (bilateral)	.	.101
		N	100	100
Hipertensión arterial	Hipertensión arterial	Coeficiente de correlación	.165	1.000
		Sig. (bilateral)	.101	
		N	100	100

En la tabla 4, se observó la relación entre los triglicéridos y la hipertensión arterial de los pacientes atendidos en el Centro de Salud Ambato Tamborapa. La relación es positiva, siendo un valor de Rho de spearman $r=0.110$ con una significancia de $p = 0.274 \geq 0.05$. De acuerdo a la tabla Rho, la correlación se ubica en un nivel “positiva”.

Tabla 4*Relación entre los niveles de triglicéridos y la hipertensión arterial*

Correlaciones				
			Triglicéridos	Hipertensión arterial
Rho de Spearman	Triglicéridos	Coefficiente de correlación	1.000	.110
		Sig. (bilateral)		.274
		N	100	100
	Hipertensión arterial	Coefficiente de correlación	.110	1.000
		Sig. (bilateral)	.274	
		N	100	100

Según la Tabla 5, se observó la relación del HDL y la hipertensión arterial de los pacientes atendidos en el Centro de Salud Ambato Tamborapa. Siendo la relación de Rho de Spearman de valor $r=0.214$ y su significancia de valor $p = 0.033 \leq 0.05$ (asumido). Es así que al realizar la interpretación Rho se determinó que la correlación es “positiva”; por tanto, existe indicios que ambos indicadores están relacionados.

Tabla 5*Relación entre los niveles de HDL y la hipertensión arterial*

Correlaciones				
			HDL	Hipertensión arterial
Rho de Spearman	HDL	Coefficiente de correlación	1.000	.214*
		Sig. (bilateral)	.	.033
		N	100	100
	Hipertensión arterial	Coefficiente de correlación	.214*	1.000
		Sig. (bilateral)	.033	.
		N	100	100

*La correlación es significativa en el nivel 0,05 (bilateral).

En la Tabla 6, se observó la relación del LDL y la hipertensión arterial de los pacientes atendidos en el Centro de Salud Ambato Tamborapa. Siendo la relación de Rho de Spearman de valor $r=0.221$ con su significancia de valor $p = 0.027 \leq 0.05$ (asumido). Es así que al realizar la interpretación Rho se determinó que la correlación es “positiva”; por tanto, existe indicios que ambos indicadores están relacionados.

Tabla 6*Relación entre los niveles de lipoproteína de baja densidad (LDL) y la hipertensión arterial*

		Correlaciones		
			LDL	Hipertensión arterial
Rho de Spearman	LDL	Coefficiente de correlación	1.000	.221*
		Sig. (bilateral)	.	.027
		N	100	100
Hipertensión arterial	Hipertensión arterial	Coefficiente de correlación	.221*	1.000
		Sig. (bilateral)	.027	.
		N	100	100

*La correlación es significativa en el nivel 0,05 (bilateral).

DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en esta investigación revelaron que, en cuanto a la presión arterial, el 57% de los participantes presentaron niveles leves de presión sistólica, mientras que el 32% mostraron niveles moderados y el 11% niveles severos. Respecto a la presión arterial diastólica, el 52% indicó un nivel leve, el 44% un nivel moderado y el 4% un nivel severo. Estos hallazgos guardan similitud con los de Castro (2021), quien encontró que el 56.20% de los pacientes presentaban hipertensión leve, el 22.62% moderada y el 21.16% severa. Además, concuerdan con el estudio de Núñez (2017), donde el 60% de los pacientes presentaban hipertensión alta. No obstante, estudios como el de Cotrina y Heredia (2023) reportaron porcentajes notablemente menores, como el 3% de hipertensión moderada. Por otro lado, León et al. (2020) identificaron que el 18% de las personas padecían hipertensión arterial alta, mientras que Quishpe y Champutiz (2022) y Avalos (2018) reportaron cifras del 23.9% y 27% respectivamente. Por último, Oblitas y Alvarado (2023) determinaron que el 34.5% de los participantes presentaban hipertensión arterial.

Estos datos sugieren variaciones en la prevalencia de hipertensión arterial entre diferentes estudios, posiblemente debido a diferencias en la metodología, el tamaño de la muestra, o las características demográficas de las poblaciones estudiadas.

En relación a las dislipidemias, se encontró que el 61% de los participantes presentaron valores altos de colesterol total, y el 39% valores muy altos. Respecto al HDL, el 46% tenía niveles altos y el 54% niveles muy altos, mientras que en el caso del LDL, el 90% presentó niveles altos y el 10% niveles muy altos. En cuanto a los triglicéridos, el 79% mostró niveles altos y el 21% niveles muy altos. Estos resultados son consistentes con los hallazgos de León (2020), donde el 36.66% presentaba hipercolesterolemia y el 41.66% hipertrigliceridemia. Sin embargo, estudios como el de Quishpe y Champutiz (2022) reportaron cifras ligeramente diferentes, como el 46.5% con niveles muy altos de triglicéridos. Además, Ruiz et al. (2020) identificaron que el 66% de los pacientes tenían niveles

lipídicos en el rango límite, mientras que Ontaneda y Montero (2018) encontraron que la dislipidemia mixta fue el tipo más prevalente en el 68% de los pacientes. Por último, Avalos (2018) evidenció que el 27% de los casos fueron hipercolesterolemia, las dislipidemias mixtas se encontraron en un rango de 16%, y la hipertrigliceridemia en un 14%.

La hipertensión arterial y las dislipidemias son dos condiciones interrelacionadas que comparten varios mecanismos fisiopatológicos comunes. La hipertensión arterial es una condición multifactorial que involucra una interacción compleja entre factores genéticos, ambientales y comportamentales (Thiriet, 2019). Bioquímicamente, la hipertensión puede ser influenciada por el sistema renina-angiotensina-aldosterona (SRAA), el sistema nervioso simpático, y la disfunción endotelial (Patel, Rauf, Khan, y Abu-Izneid, 2017).

Las dislipidemias, caracterizadas por niveles anormales de lípidos en la sangre, están estrechamente ligadas a la aterosclerosis, una condición en la que las arterias se endurecen y estrechan debido a la acumulación de placas. El LDL (lipoproteína de baja densidad) es particularmente aterogénico y puede contribuir a la formación de estas placas. El HDL (lipoproteína de alta densidad), por otro lado, tiene un efecto protector al promover la eliminación de colesterol de las arterias (Pereira-Rodríguez et al., 2015).

La correlación entre dislipidemias e hipertensión arterial puede explicarse a través de varios mecanismos fisiológicos y bioquímicos. La disfunción endotelial, común en ambos trastornos, es un factor clave. La acumulación de LDL en las arterias puede inducir una respuesta inflamatoria que lleva a la disfunción endotelial, reduciendo la producción de óxido nítrico, una molécula crucial para la vasodilatación. Esto contribuye al aumento de la resistencia vascular periférica y, por ende, a la hipertensión arterial (Gimbrone y García-Cardena, 2016).

El aumento del colesterol total y del LDL, así como los niveles bajos de HDL, se asocian con una mayor rigidez arterial, lo cual puede aumentar la presión arterial sistólica (Mackey et al., 2012). Además, los triglicéridos elevados pueden promover la producción de moléculas proinflamatorias que afectan la función vascular (Pérez-Martínez et al., 2010).

En nuestro estudio, se encontró una correlación positiva significativa entre el colesterol y la hipertensión arterial, con un valor de $r=0.165$ ($p=0.101$). Asimismo, se observó una correlación significativa entre el HDL y la hipertensión arterial ($r=0.214$, $p=0.033$), y entre el LDL y la hipertensión arterial ($r=0.221$, $p=0.027$). Estos hallazgos coinciden con los resultados de Núñez (2017), Quishpe y Champutiz (2022), y Castro (2021), quienes también encontraron relaciones significativas entre las dislipidemias y la hipertensión arterial.

Estos datos respaldan la hipótesis de que las dislipidemias pueden contribuir al desarrollo y agravamiento de la hipertensión arterial, posiblemente a través de los mecanismos antes mencionados. El manejo de ambos trastornos es crucial para reducir el riesgo cardiovascular general, destacando la importancia de un enfoque integral en la prevención y tratamiento de estos factores de riesgo.

CONCLUSIONES

En conclusión, el nivel más frecuente de hipertensión arterial observado fue leve, con un 57% en presión sistólica y un 52% en presión diastólica. Además, se encontró una alta prevalencia de dislipidemia en pacientes con hipertensión arterial, con un 90% de los casos afectados. Específicamente, el 79% de los pacientes presentaron niveles elevados de LDL, el 61% mostraron altos niveles de triglicéridos, el 46% tenían bajos niveles de HDL, y un 61% presentó colesterol elevado.

Asimismo, se demostró una relación positiva entre las dislipidemias y la hipertensión arterial. Los análisis estadísticos indicaron una relación positiva y directa entre el colesterol y los triglicéridos con la hipertensión arterial, con valores de $r=0.165$ y $r=0.110$ respectivamente. Por otro lado, tanto el HDL como el LDL mostraron una relación significativa con la hipertensión arterial, con un valor de significancia $p \leq 0.05$. En concreto, la relación entre el HDL y la hipertensión arterial fue de $r=0.214$, mientras que para el LDL esta relación fue de $r=0.22$.

Los resultados indican una asociación significativa entre la hipertensión arterial y las dislipidemias, subrayando la importancia de monitorear y controlar tanto la presión arterial como los niveles de lípidos en pacientes hipertensos para mejorar su salud cardiovascular.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Armijos, I., Aspillaga, C., Bustos, C., y Calderón, A. (2021). *Manual de metodología de investigación*. Universidad de Desarrollo. Facultad de Psicología.
- Avalos, C. (2018). Frecuencia de dislipidemias en conductores de transporte público de Lima, 2017.
- Candas, B., et al. (2019). Estrategia para el diagnóstico de las dislipidemias. Recomendación 2018. *Revista del Laboratorio Clínico*, 12(4), e21-e33
- Castro, F. (2021). Dislipidemia como factor de riesgo de hipertensión arterial en pacientes ambulatorios del Hospital General de Jaén, 2021.
- Corella, D., y Ordovás, J. (2017). Cardiovascular disease and the Mediterranean diet. *Molecular Nutrition and Food Research*, 51(3), 1269-1279. <https://doi.org/10.1002/mnfr.200700006>
- Cotrina, L., y Heredia, M. (2023). Interacciones Farmacológicas del Tratamiento Farmacológico en Pacientes con Dislipidemia que Acuden a la Clínica Millenium, Chiclayo 2023.

- Ferrari Penadillo, K. V. (2023). Enfermedades crónicas no transmisibles y Covid 19 en los pacientes atendidos en el Hospital I Tingo María Essalud-2021.
- Gimbrone, M. A., y García-Cardena, G. (2016). Endothelial cell dysfunction and the pathobiology of atherosclerosis. *Circulation Research*, 118(4), 620-636.
- León, G., Vásquez, G., y Bustamante, J. (2020). Prevalencia de obesidad y dislipidemias y su relación con la hipertensión arterial en trabajadores universitarios en Ecuador. *Salud y Bienestar Colectivo*, 33-43.
- Mackey, R. H., Sutton-Tyrrell, K., Vaitkevicius, P. V., Sakkinen, P. A., y Lyles, M. F. (2012). High-density lipoprotein cholesterol and vascular stiffness in older adults. *American Journal of Hypertension*, 15(6), 525-531.
- Mestanza, L., y Ramírez, A. (2019). Relación entre dislipidemias y factores de riesgo en la población del caserío De Puente Unión-Cutervo-Cajamarca 2019. <https://core.ac.uk/download/pdf/270319154.pdf>
- Mohamed, H., Martel, C., y Huayta, F. (2023). *Metodología de la Investigación. Guía Para El Proyecto de Tesis*. Instituto Universitario de Innovación Ciencia y Tecnología Inudi Perú.
- Núñez, C. (2017). Dislipidemias como factor predictivo para el control de la hipertensión arterial en pacientes con hipertensión arterial que asisten a la unidad de salud privada de Baracoa, Puerto Cortés, Honduras 2018. <https://repositorio.unan.edu.ni/10263/1/t1016.pdf>
- Oblitas, C., y Alvarado, M. (2023). Dislipidemias y su relación con hipertensión arterial en pacientes mayores de 18 años atendidos en el Puesto de Salud el Porvenir, San José del alto, Jaén 2019.
- Ontaneda, F., y Montero, J. (2018). Perfil lipídico en dislipidemias en el centro de Salud de Guano. Periodo mayo 2017- junio 2018. Universidad Nacional De Chimborazo. <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/5118>
- Patel, S., Rauf, A., Khan, H., y Abu-Izneid, T. (2017). Renin-angiotensin-aldosterone (RAAS): The ubiquitous system for homeostasis and pathologies. *Biomedicine y Pharmacotherapy*, 94, 317-325.
- Pavía, A., et al. (2022). Guía de práctica clínica mexicana para el diagnóstico y tratamiento de las dislipidemias y enfermedad cardiovascular aterosclerótica. *Archivos de Cardiología de México*, 92(1), 1-62.
- Pereira-Rodríguez, J., Peñaranda-Florez, D., Reyes-Saenz, A., Caceres-Arevalo, K., y Cañizarez-Pérez, Y. (2015). Prevalence of cardiovascular risk factors in Latin America: A review of the published evidence 2010-2015. *Revista Mexicana de Cardiología*, 26(3), 125-139.
- Pérez-Martínez, P., Pérez-Jiménez, F., López-Miranda, J., y Ordovás, J. M. (2010). Polymorphisms at the nuclear receptor subfamily 1 group H member 3 (NR1H3) gene locus are associated with

cardiovascular disease risk factors and risk in a Mediterranean population. *Journal of Clinical Endocrinology y Metabolism*, 95(1), 433-440. Pereira-Rodríguez, J., Peñaranda-Florez, D.,

Quishpe, E., y Champutiz, E. (2022). Prevalencia y factores asociados a dislipidemia en pacientes entre 18 y 65 años en el Hospital Básico Cayambe durante el periodo abril 2020 marzo 2021. Recuperado de <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/27199>

Ruiz, J., Letamendi, J., y Calderón, R. (2020). Prevalencia de dislipidemias en pacientes obesos. *Medisan*, 24(2), 211-222.

Thiriet, M. (2019). *Vasculopathies: Behavioral, chemical, environmental, and genetic factors* (Vol. 8). Springer.

ARTÍCULO ORIGINAL

Caracterización de las propiedades mecánicas del bioplástico de almidón de plátano (*Musa paradisiaca* L.) y compuestos celulósicos de café (*Coffea arabica* L.)

Characterization of the mechanical properties of banana starch bioplastic (*Musa paradisiaca* L.) and cellulosic compounds of coffee (*Coffea arabica* L.)

Karla Cabrejos¹, Jackeline Maluquis¹, Adán Díaz^{1*} y Hans Minchán-Velayarce¹

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue realizar la caracterización de las propiedades mecánicas del bioplástico obtenido con almidón de plátano (*Musa paradisiaca* L.) y compuestos celulósicos de la cascarilla de café (*Coffea arabica* L.). Se utilizó almidón en las concentraciones de 9, 12 y 15 % y celulosa en las concentraciones de 2, 4 y 6 % mezclándolos con glicerina, ácido acético, cloruro de calcio y agua destilada. Se caracterizó las propiedades mecánicas tracción, elongación y flexión. El bioplástico con mayor tracción fue la formulación F9 (15% almidón, 6% celulosa) con $2.23 \text{ N} \pm 0.242$ y con menor tracción la formulación F1 (9% almidón, 2% celulosa) con $0.17 \text{ N} \pm 0.069$; la formulación F7 (15% almidón, 2% celulosa) presentó la mayor elongación de $10.3 \text{ cm} \pm 1.528$ y mayor flexión $13.3 \text{ cm} \pm 1.155$; y la formulación F3 (9% almidón, 6% celulosa) tuvo la menor elongación de $3.33 \text{ cm} \pm 0.577$ y menor flexión de $9.33 \text{ cm} \pm 1.155$. El aumento de la concentración de almidón favorece a la tracción, elongación y flexión, el aumento de la concentración de celulosa solo favorece a la tracción, desfavorece a la elongación y es indiferente para la flexión.

Palabras claves: Extracción de almidón, extracción de celulosa, elasticidad, tracción, flexión

ABSTRACT

The objective of this study was to characterize the mechanical properties of the bioplastic obtained from banana starch (*Musa paradisiaca* L.) and cellulosic compounds from coffee husks (*Coffea arabica* L.). Starch was used in concentrations of 9, 12 and 15% and cellulose in concentrations of 2, 4 and 6%, mixing them with glycerin, acetic acid, calcium chloride and distilled water. The mechanical properties of traction, elongation, and bending were characterized. The bioplastic with the highest traction was the F9 formulation (15% starch, 6% cellulose) with $2.23 \text{ N} \pm 0.242$ and the F1 formulation (9% starch, 2% cellulose) with the lowest traction was the F1 formulation (9% starch, 2% cellulose) with $0.17 \text{ N} \pm 0.069$; Formulation F7 (15% starch, 2% cellulose) presented the greatest elongation of $10.3 \text{ cm} \pm 1.528$ and greatest flexion of $13.3 \text{ cm} \pm 1.155$; and formulation F3 (9% starch, 6% cellulose) had the lowest elongation of $3.33 \text{ cm} \pm 0.577$ and the lowest bending of $9.33 \text{ cm} \pm 1.155$. The increase in starch concentration favors traction, elongation and bending, the increase in cellulose concentration only favors traction, disfavors elongation and is indifferent to bending.

Keywords: Starch extraction, cellulose extraction, elasticity, traction, bending

* Autor para correspondencia

1 Universidad Nacional de Jaén, Perú. Email: cabrejoskarla@gmail.com, jackimaluquis03@gmail.com, adiazr@unj.edu.pe, hans_minchan@unj.edu.pe

INTRODUCCIÓN

Hoy en día, la contaminación por plásticos se ha convertido en una de las principales preocupaciones debido a que generan impactos desfavorables en el medio ambiente porque su proceso de degradación tarda entre 100 a 1000 años. Estos polímeros son fabricados a partir de los derivados del petróleo y por lo tanto son altamente resistentes a la degradación, ante esta problemática surgen nuevas alternativas de tecnología que permiten la obtención de nuevos productos biodegradables a partir de biopolímeros naturales tales como el almidón, celulosa, lignina y otros biopolímeros que se pueden obtener de residuos agrícolas (Osorio y Rubiano, 2019). Los residuos agroindustriales poseen un alto potencial para ser aprovechados en diferentes procesos que incluyen elaboración de nuevos productos, aportar valor agregado y recuperar condiciones ambientales (Vargas y Pérez, 2018). Los residuos del café tienen un alto contenido de celulosa y desempeñan un papel importante para la obtención de un bioplástico cuya utilización contribuiría a la disminución de la contaminación ambiental generada por los plásticos (Cedeño y Zambrano, 2021). El plátano verde y la cascarilla del café se presentan como alternativa para la producción de bioplásticos debido a que contienen polímeros de origen vegetal, pues los residuos de la fruta representan una fuente para la obtención de almidón y de la cascarilla de café se obtiene celulosa. Actualmente los plásticos biodegradables tienen un uso principal en el mercado de envases, gracias a su preservación y protección de productos alimenticios o cualquier otro tipo, lo cual se ve reflejado en la disminución de plásticos derivados del petróleo (Lema y Manzo, 2021).

Jannah et al, (2019) determinaron el efecto de un polímero de soporte, como la quitosana, en las propiedades mecánicas de los bioplásticos. Las etapas de esta investigación fueron la extracción de celulosa del salvado de arroz mediante el método de maceración, la optimización de la concentración de hipoclorito de sodio (NaClO) como agente blanqueador y la fabricación de bioplásticos con diversos tratamientos. El estudio mostró que la concentración óptima de NaClO fue del 2.0%, con un contenido de celulosa del 59.2% en forma de polvo blanco. Concluyeron que el mejor bioplástico fue el de la celulosa-sorbitol-quitosana (CSQ) con una resistencia a la tracción de 0.060 Kg-f/cm² y una elongación del 4.75%. La interacción entre la celulosa del salvado de arroz, la adición de relleno y el plastificante afectó la calidad del bioplástico.

Ortega (2019) desarrolló un bioplástico utilizando paja de arroz y residuos de granos de arroz, la extracción de la celulosa de la paja se llevó a cabo mediante la eliminación de hemicelulosa y lignina, utilizando hidrólisis básica con hidróxido de sodio (NaOH) al 10 %, y luego se blanqueó la pulpa utilizando hipoclorito de sodio (NaClO) al 1 %. Para obtener el almidón, los residuos de granos de arroz se trituraron, se mezclaron con agua, se permitió que la mezcla sedimentara, se filtró y finalmente se secó el almidón. Los porcentajes de recuperación obtenidos fueron aproximadamente 42.06% ± 3.21% para la celulosa y 47.44% ± 7.09% para el almidón. En la etapa de elaboración del bioplástico, se crearon dos

formulaciones con diferentes proporciones de almidón y celulosa. Estos componentes se mezclaron con ácido acético, glicerina y agua, y luego se procedió a la obtención de los resultados correspondientes. Se concluyó que el mejor bioplástico fue la formulación con 20 g de almidón, 4 g de celulosa, 10 mL de glicerina, 5 mL de ácido acético y 61 mL de agua destilada.

Ante la problemática descrita, la presente investigación propone una solución dando un valor agregado a estas materias primas con la finalidad de reducir el impacto generado por el plástico derivado del petróleo a través de la obtención de un bioplástico obtenido de desechos de café. El objetivo de la investigación fue caracterizar las propiedades mecánicas del bioplástico de almidón de plátano (*M. paradisiaca* L.) y compuestos celulósicos de la cascarilla de café pergamino (*C. arabica* L.) y los objetivos específicos fueron: a) determinar el rendimiento de extracción de almidón de plátano verde (*Musa paradisiaca* L.), b) determinar el rendimiento de extracción de los compuestos celulósicos de la cascarilla del café (*Coffea arabica* L.) pergamino, c) formular bioplásticos con diferentes concentraciones de almidón y compuestos celulósicos, d) determinar las propiedades mecánicas del bioplástico obtenido.

MATERIALES Y MÉTODOS

El proyecto fue ejecutado en el laboratorio Taller de Tecnología de Alimentos del Departamento de Ingeniería de Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional de Jaén.

Extracción de almidón de plátano verde

Se utilizó plátano verde de la variedad criollo o común procedente de la localidad de Huabal (Región Cajamarca), se lavaron con agua potable de la red pública para eliminar restos de tierra y otros materiales. Luego se colocaron en inmersión en una solución de NaClO al 0.005% p/v (50 ppm) durante 10 min. Se separó la cáscara de la pulpa, ésta se dejó en inmersión en una solución de NaHSO₃ al 0.5%. Se cortó la pulpa en rodajas de aproximadamente 5 mm de espesor y se licuó en una licuadora industrial (Croydon/TC25-26339/Brasil) hasta obtener una pasta fina. Se diluyó con agua destilada en una proporción respecto a la pulpa de 2:1. Se filtró la mezcla en un balde y se dejó decantar en refrigeración a 6 °C por 1 h. Se decantó el sobrenadante y se añadió agua destilada helada para su lavado, agitándolo durante 10 min y luego se llevó a reposo a 6 °C por 24 h, al almidón extraído se le realizaron lavados sucesivos mediante decantación. El almidón obtenido se llevó a secar en estufa (Kertlab/TC25-26339-7/USA) a una temperatura de 60 °C por 24 h. El almidón seco obtenido se trituró en un mortero y se volvió a colocar en la estufa a 60 °C hasta que su humedad sea inferior al 14% determinado con un analizador de humedad (Sartorius/MA35/Alemania). Para la identificación del almidón se realizó la prueba de Lugol, la coloración azul intenso confirmó su presencia.

Extracción de celulosa de cascarilla de café pergamino

Se empleó el método desarrollado por Ortega (2019) con algunas modificaciones. Se utilizó cascarilla de café pergamino procedente de la localidad de Chirinos (Región Cajamarca), se lavó con abundante agua corriente de la red pública con la finalidad de eliminar impurezas. Se colocó la cascarilla lavada en escurridores de acero inoxidable, luego se llevó a secar en estufa a 65 °C durante 24 h y posteriormente se molió empleando un molino eléctrico, se tamizó (tamiz N° 60 de 250 micras) y se almacenó en bolsas herméticas a temperatura ambiente.

En una balanza (Ohaus/PAJ12102/Perú) se pesó 70 g de cascarilla tamizada, se colocó en un vaso de precipitados de 800 mL, se agregó 560 mL de NaOH al 10 % (p/v) para eliminar la hemicelulosa, lignina y otras sustancias, la mezcla se calentó a 60 °C con agitación magnética durante 4 h y se dejó reposar durante 20 min, se decantó el líquido sobrenadante quedando las fibras de celulosa. A la celulosa decantada se le añadió 600 mL agua destilada, se agitó durante 10 min y se dejó reposar durante 2 h, luego se decantó el líquido sobrenadante, a la fibra de celulosa obtenida se sometió a un proceso de blanqueamiento utilizando 800 mL de NaClO al 2% (p/v), durante 20 min en un agitador magnético (Velp/F2053C162/Perú). Este proceso se repitió de manera iterativa hasta lograr la completa decoloración de la fibra de celulosa, luego se lavó mediante decantación hasta su neutralización del líquido sobrenadante (pH 7). Se secó en una estufa (Kertlab/TC25-26339-7/USA) durante 19 horas a 60 °C, se trituró en un mortero y se tamizó (tamiz N° 60 de 250 micras), se registró su peso y se almacenó la fibra de celulosa en bolsa hermética a temperatura ambiente.

Elaboración del bioplástico

Se efectuaron 9 formulaciones tal como se muestra en la Tabla 1 con tres repeticiones cada una.

Tabla 1

Formulaciones de bioplástico para cada tratamiento.

Formulación	Almidón (g)	Celulosa (g)	Agua Destilada (mL)	Ácido acético (mL)	Glicerina (mL)	CaCl ₂ (g)
F-1	9	2	77	1	10	1
F-2	9	4	75	1	10	1
F-3	9	6	73	1	10	1
F-4	12	2	74	1	10	1
F-5	12	4	72	1	10	1
F-6	12	6	70	1	10	1
F-7	15	2	71	1	10	1
F-8	15	4	69	1	10	1
F-9	15	6	67	1	10	1

Se mezcló almidón de plátano con agua destilada mediante agitación constante hasta obtener una suspensión uniforme. Se añadió glicerina, ácido acético y cloruro de calcio. Se calentó la mezcla a 80 °C en agitación constante hasta la gelificación del almidón, luego se añadió la celulosa en suspensión con el agua destilada restante y se continuó con el calentamiento (aproximadamente 30 min) hasta formar una mezcla fluida uniforme. Se colocó la mezcla en las placas Petri previamente envueltas con plástico film con la finalidad de retirar con facilidad el bioplástico y se dejó secar durante cinco días a temperatura ambiente. Se separó el bioplástico de las placas y se acondicionaron en tapers de polietileno.

Determinación de las propiedades mecánicas del bioplástico

Las propiedades mecánicas elongación y flexión se evaluaron siguiendo el método propuesto por Guerrero (2020) con ligeras modificaciones.

Elongación. Esta propiedad mecánica se midió en un instrumento en el cual se fijó una base de mezanine y 2 sujetadores mecánicos, los bioplásticos fueron cortados en forma rectangular con dimensiones de 12 cm x 1.5 cm, se colocó las muestras fijando con un sujetador mecánico uno de los extremos, se procedió a jalar del extremo libre lentamente hasta la ruptura y se registró la distancia alcanzada,

Flexión. Esta propiedad mecánica se midió con un instrumento manual de flexión de tres puntos, en el cual se fijó la muestra de bioplástico por sus extremos de manera horizontal, en dos sujetadores mecánicos separados entre sí 10 cm y con la ayuda de un gancho en el centro de la tira del bioplástico se jaló hasta el instante de su ruptura y se registró la distancia desplazada.

Tracción. El instrumento fue hecho utilizando una caja rectangular, en la base se atornilló un sujetador mecánico que fijó un extremo la muestra. En la parte superior se colocó una balanza de triple brazo (MB2610/Schoolab/China). Por debajo del platillo de la balanza, se extiende a través de un agujero ubicado a 10 cm del lado izquierdo, un gancho que tendrá un sujetador para fijar el otro extremo de la muestra. Las muestras de bioplástico fueron cortadas con dimensiones de 12 cm x 1.5 cm. Se colocaron las muestras por los extremos en los sujetadores. Luego se equilibró la balanza, de tal manera que la muestra se estabilice (la aguja marque cero). Luego se movieron las pesas hasta que se produzca la ruptura y se registró el peso (fuerza) empleado en el proceso.

RESULTADOS

Se obtuvo almidón con un rendimiento de 10.42% y 10.44% de humedad y celulosa con un rendimiento de 28.10% con una humedad de 10.40%.

En la Tabla 2 se muestran los valores de las mediciones de la tracción de las nueve formulaciones y sus repeticiones, así como sus promedios. Se observa que la formulación F1 (CA: 9%/CC: 2%) tiene el menor valor y la formulación F9 (CA: 15%/CC: 6%) el mayor valor.

Tabla 2

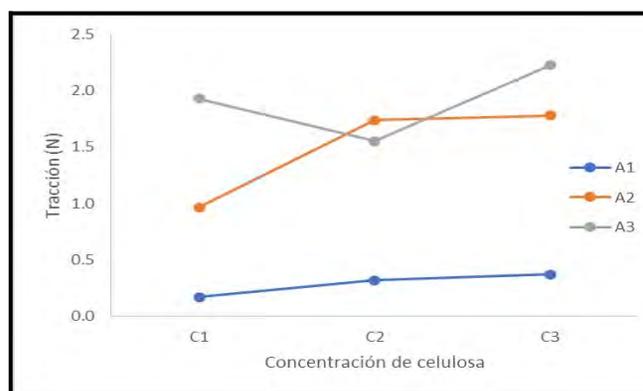
Repeticiones y promedio de los valores del indicador tracción.

Formulación	R1	R2	R3	Promedio (N)
F1	0.235	0.176	0.098	0.170 ±0.069
F2	0.286	0.343	0.325	0.318 ±0.029
F3	0.382	0.34	0.392	0.371 ±0.028
F4	1.17	1.162	0.568	0.967 ±0.345
F5	1.725	1.758	1.735	1.739 ±0.017
F6	1.722	1.848	1.765	1.778 ±0.064
F7	1.961	1.668	2.157	1.929 ±0.246
F8	1 550	1 590	1 560	1.552 ±0.021
F9	2.255	1.97	2.451	2.225 ± 0.242

En la Figura 1 se observa que el mayor valor de tracción se obtiene con la interacción A3:C3 y una menor fuerza de tracción con la interacción A1:C1. así mismo, se aprecia que a medida que aumenta las concentraciones de almidón y celulosa, aumenta el valor de la tracción

Figura 1

Interacción - Concentración de almidón: concentración de celulosa con respecto a la tracción.



Elongación

Los valores de las mediciones de la elongación se muestran en la Tabla 3. Se observa que la formulación F3 (CA:9 g/CC: 6 g) tiene el menor valor y la formulación F7 (CA: 15 g/CC: 2 g) el mayor valor.

Tabla 3

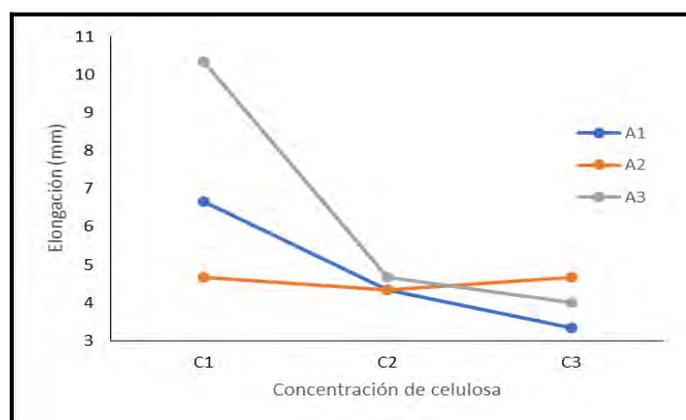
Repeticiones y promedio de los valores del indicador elongación.

Formulación	R1	R2	R3	Promedio (cm)
F1	6.00	7.00	7.00	6.667 ±0.577
F2	5.00	4.00	4.00	4.333 ± 0.577
F3	3.00	3.00	4.00	3.333 ±0.577
F4	4.00	5.00	5.00	4.667±0.577
F5	5.00	4.00	4.00	4.333 ± 0.577
F6	4.00	5.00	5.00	4.667±0.577
F7	9.00	10.0	12.0	10.333 ± 1.528
F8	5.00	5.00	4.00	4.667±0.577
F9	4.00	4.00	4.00	4.000 ±0.000

En la Figura 2 se observa que el mayor valor de elongación se obtiene con la interacción A3:C1 y una menor fuerza de elongación con la interacción A1:C3. así mismo, se aprecia que a medida que aumenta las concentraciones de celulosa, disminuye el valor de la elongación.

Figura 2

Interacción - concentración de almidón: concentración de celulosa con respecto a la elongación



Flexión

En la Tabla 4 se muestran los valores de mediciones de la flexión. Se observa que la formulación F3 tiene la menor flexión y la formulación F7 el mayor valor.

Tabla 4

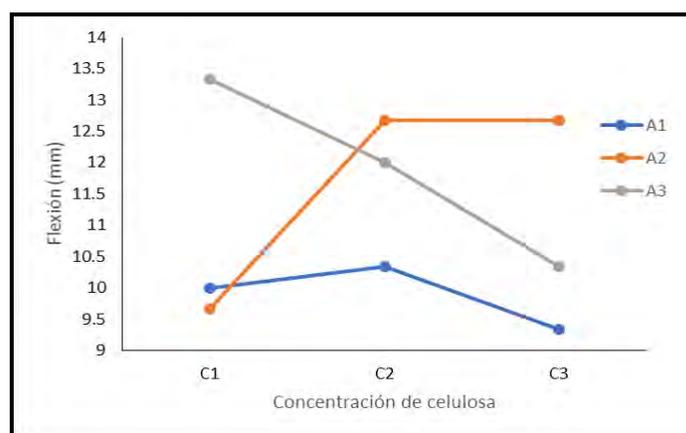
Repeticiones y promedio de los valores del indicador Flexión.

Formulación	R1	R2	R3	Promedio (cm)
F1	9.00	11.0	10.0	10.000 ± 1.000
F2	11.0	10.0	10.0	10.333 ± 0.577
F3	10.0	8.00	10.0	9.333 ± 1.155
F4	12.0	8.00	9.00	9.667 ± 2.082
F5	13.0	12.0	13.0	12.667 ± 0.577
F6	11.0	13.0	14.0	12.667 ± 1.528
F7	12.0	14.0	14.0	13.333 ± 1.155
F8	11.0	12.0	13.0	12.000 ± 1.000
F9	10.0	10.0	11.0	10.333 ± 0.577

En la Figura 3 se observa que el mayor valor de flexión se obtiene con la interacción A3:C1 (F7) y una menor fuerza de flexión con la interacción A1:C3 (F3) así mismo, se aprecia que a medida que aumenta las concentraciones de Almidón y Celulosa, aumenta el valor de la flexión.

Figura 3

Interacción - concentración de almidón: concentración de celulosa con respecto a la flexión.



Comparación de medias Tukey para las variables respuesta Tracción, Elongación y flexión

En la Tabla 5 se muestra la comparación de medias Tukey para las variables respuestas para el factor de estudio concentración de almidón. Se observa que el incremento de la concentración impacta notablemente en la tracción y en menor medida en la flexión y elongación.

Tabla 5

Comparaciones de medias de Tukey para las diferentes respuestas al evaluar la concentración de almidón.

Tratamientos	Tracción	Elongación	Flexión
A1	0.286 ± 0.099 ^c	4.78 ± 1.56 ^b	9.89 ± 0.928 ^b
A2	1.49 ± 0.434 ^b	4.56 ± 0.53 ^b	11.7 ± 2.00 ^a
A3	1.90 ± 0.339 ^a	6.33 ± 3.12 ^a	11.89 ± 1.54 ^a

Nota. A mayor concentración de almidón aumenta la tracción, elongación y flexión.

En la Tabla 6 se muestra la comparación de medias Tukey para las variables respuestas para el factor de estudio concentración de celulosa. Se observa que el incremento de la concentración impacta en la tracción y elongación, pero es indiferente para la flexión.

Tabla 6

Comparaciones de medias de Tukey para las respuestas al evaluar la concentración de celulosa.

Tratamientos	Tracción	Elongación	Flexión
C1	1.02 ± 0.792 ^b	7.22 ± 2.64 ^a	11.00 ± 2.18 ^a
C2	1.20 ± 0.669 ^b	4.44 ± 0.53 ^b	11.67 ± 1.22 ^a
C3	1.46 ± 0.847 ^a	4.0 ± 0.71 ^b	10.78 ± 1.79 ^a

En la Tabla 7 se observa el resumen de las variables respuestas estudiadas. Con respecto a la fuerza de tracción, se observó un máximo del valor al aplicar la formulación 9 (A3:C3). Además, las formulaciones 6, 7 y 9 se encuentran en el mismo grupo estadístico; por lo que, podemos indicar que las formulaciones 6, 7 y 9 son similares estadísticamente ($p > 0.05$). Debido a este resultado, podemos decir que la formulación 7 (A3:C1) obtuvo los mayores valores de las variables respuestas estudiadas.

La variable respuesta tracción es favorecida por el aumento de concentración de celulosa. Sin embargo, el aumento de concentración de celulosa no es favorable para la elongación y en la flexión la concentración de celulosa no afecta la variable respuesta tracción.

Tabla 7

Comparaciones de medias de Tukey para las respuestas al evaluar la interacción concentración de almidón – concentración de celulosa.

Formulaciones	Tracción (N)	Elongación (cm)	Flexión (cm)
FI (A1:C1)	0.17±0.069 ^d	6.67± 0.577 ^b	10.0 ± 1.000 ^{ab}
F2 (A1:C2)	0.32± 0.029 ^d	4.33 ±0.577 ^c	10.3 ± 0.577 ^{ab}
F3 (A1:C3)	0.37±0.028 ^d	3.33 ±0.577 ^c	9.33 ± 1.155 ^b
F4 (A2:C1)	0.97 ± 0.345 ^c	4.67±0.577 ^{bc}	9.67±2.082 ^b
F5 (A2:C2)	1.74±0.017 ^b	4.33 ±0.577 ^c	12.7± 0.577 ^{ab}
F6 (A2:C3)	1.78±0.064 ^{ab}	4.67± 0.577 ^{bc}	12.7 ± 1.528 ^{ab}
F7 (A3:C1)	1.93±0.246 ^{ab}	10.3 ± 1.528 ^a	13.3 ± 1.155 ^a
F8 (A3:C2)	1.55±0.021 ^b	4.67±0.577 ^{bc}	12.0 ± 1.00 ^{ab}
F9 (A3:C3)	2.23 ± 0.242 ^a	4.00 ± 0.000 ^c	10.3 ± 0.577 ^{ab}

Nota. A: almidón; C: celulosa

Se muestran las comparaciones de medias de las variables respuestas para las formulaciones, en la que se observa que la formulación F6, F7 y F9 tienen los más altos promedios para la variable tracción destacándose la formulación F9 como la mejor. En cuanto la variable elongación el tratamiento F7 tiene el mejor promedio, así mismo, esta formulación tiene el mejor promedio para la flexión, aunque se observa que presenta un comportamiento similar a las demás formulaciones.

DISCUSIÓN

Se obtuvo almidón de fécula de plátano verde (*Musa paradisiaca L.*) de la variedad “criollo” o “común” con un rendimiento de 10.42%, este resultado es menor que el obtenido por Mantilla (2021), quien reportó un rendimiento de 17% de almidón de fécula de plátano verde de variedad “Dominico Hartón”. Esta diferencia puede deberse a que se trata de diferentes variedades, por otra parte, Guerrero (2020) reportó un rendimiento de 12.5% de almidón de fécula de plátano verde (*Musa paradisiaca L.*) de variedad “Bellaco” cercano al resultado obtenido, así mismo, Iguardia (2013) reportó la extracción de almidón de fécula de banano verde (*Musa sapientum*) de variedad “Cavendish” con un rendimiento de 24.03% que supera al doble del rendimiento obtenido, respaldando que la cantidad de almidón está influenciado por la variedad del fruto.

Se obtuvo un rendimiento de 28.10% de celulosa de cascarilla de café pergamino (*C. arabica L.*) empleando el método de hidrólisis básica, el resultado es menor que el obtenido por Bohórquez (2017) 58.83%, así mismo, Rodríguez (2022) reportó 51.01% de rendimiento de celulosa de cascarilla de café pergamino (*C. arabica L.*), mientras que Arias y Meneses (2016) obtuvieron un rendimiento de 36.70%

de celulosa y además Rojas y Hernández (2022) reportaron un rendimiento promedio de extracción de alfa celulosa del 57.23% de pulpa de café, como se observa los rendimientos reportados por las referencias y lo obtenido son diferentes, estas diferencias pueden deberse a diversos factores, tales como el método de obtención, a la variedad de café y calidad de los reactivos usados, tal como lo menciona (Rodríguez, 2022).

Según los resultados, tal como se muestran en la Tabla 3, a mayor concentración de almidón aumenta la fuerza de tracción, elongación y flexión, es decir, la resistencia a la tracción, elongación y flexión es favorecido por el incremento de almidón, sin embargo, el aumento de la concentración de celulosa solo favorece a la tracción, desfavorece a la elongación y es indiferente para la flexión, tal como se muestra en la Tabla 6. Por otra parte, en la Tabla 7 se muestra la interacción de ambas variables (concentración de almidón y concentración de celulosa), observándose que la formulación 7 (almidón 15% y celulosa 2%) presenta los mejores promedios para las variables respuestas tracción, elongación y flexión.

Los resultados obtenidos para la tracción concuerdan con los hallados por Rendón et al. (2022), indicaron que al incrementar mayor concentración de celulosa en la formulación de bioplástico a base de almidón y microcelulosa de residuos de mango, aumentó la tracción, asimismo, Agustin et al. (2014) quienes reportaron que al aumentar la concentración de celulosa nanocristalina de pajilla de arroz en la formulación de bioplástico a base de almidón comercial, incrementó significativamente la tracción, este efecto de reforzamiento aportado por la celulosa se debe a la dispersión de las fibras en el bioplástico, ya que la interacción entre el material de refuerzo y la matriz polimérica determinan las propiedades mecánicas. El mismo efecto fue reportado por Fourati et al. (2021) al añadir celulosa nanocristalina al bioplástico a base de la mezcla de adipato de butileno-co-tereftalato)/poliester y almidón termoplástico (PBAT/TPS), sin embargo, Nugroho et al. (2020) indicó que la adición de almidón, celulosa y celulosa modificada con ácidos grasos en la formulación de biopelícula disminuyó la tracción.

La elongación se ve favorecida por una menor concentración de celulosa (C1) y mayor concentración de almidón (A3). Sin embargo, una mayor concentración de celulosa (C3) y menor concentración de almidón (A1) ejerce el efecto contrario en el bioplástico. Resultados similares fueron obtenidos por Maulida et al. (2016) al añadir celulosa microcristalina en la elaboración de bioplástico a partir de almidón de cáscara de yuca, donde la elongación disminuyó con la adición de celulosa microcristalina. Posiblemente se deba a los enlaces hidrógeno entre el grupo hidroxilo (O-H) del almidón y los grupos hidroxilo y carboxilo (COOH) de la celulosa. Esta unión originó la reducción de la elongación. Asimismo, Agustin et al. (2014) y Bilo et al. (2018) determinaron que al aumentar el porcentaje de

celulosa nanocrystalina de pajilla de arroz en la formulación bioplástico a base de almidón, la elongación también se ve afectada.

Sin embargo, Lubis et al. (2018) determinó que a mayor concentración de almidón de fruto de Jack y menor concentración de celulosa microcrystalina disminuye la elongación. La disminución en la elongación se debe a la fuerte interacción entre las sustancias que componen el bioplástico (moléculas de almidón con las fibras de la celulosa). Estos resultados son similares de los logrados en la investigación, según la Tabla 14. Una mayor concentración de celulosa no favorece la elongación debido a que hay mayor presencia de fibras en el bioplástico lo que genera que sea más compacto.

CONCLUSIONES

Se obtuvieron 2322.64 g de almidón proveniente de 22611 g de pulpa de plátano que representa un rendimiento de extracción de almidón de plátano verde (*M. paradisiaca* L.) de 10.42%.

El rendimiento de extracción de compuestos celulósicos de la cascarilla del café (*C. arabica* L.) pergamino fue de 28.10%, que representa a 137.67 g de celulosa proveniente de 490 g de cascarilla de café pergamino.

Se elaboraron 9 formulaciones, los bioplásticos F1, F2 y F4 fueron transparentes debido a la poca concentración de celulosa, F1 y F2 de poca consistencia; F3 y F5 fueron blancos lechosos pero compactos, F6 fue blanco lecho y quebradizo debido a la alta proporción de celulosa. F7 fue lechoso traslúcido, consistente y elástico; F8 y F9 presentaron coloración blanco lechoso y consistentes por el alto contenido en almidón y celulosa.

La formulación F7 presentó mejores propiedades mecánicas, resistencia a la tracción, mejor elongación y flexión, que corresponde al bioplástico con una composición de 15 g de almidón y 2 g de celulosa, además, el aumento de la concentración de almidón favorece a la tracción, elongación y flexión, sin embargo, el aumento de la concentración de celulosa solo favorece a la tracción, desfavorece a la elongación y es indiferente para la flexión.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agustin, M. B., Ahmmad, B., Alonzo, S. M. M., y Patriana, F. M. (2014). Bioplastic based on starch and cellulose nanocrystals from rice straw. *Journal of Reinforced Plastics and Composites*, 33(24), 2205-2213. <https://doi.org/10.1177/0731684414558325>.

- Arias, R., y Meneses, J. (2016). *Caracterización físico-química de los residuos agroindustriales (cascarilla de arroz y cascarilla de café), como materia prima potencial para la obtención de biotenoal*, [Tesis, Universidad Nacional Autónoma de Managua]
- Bilo, F., Pandini, S., Sartore, L., Depero, L. E., Gargiulo, G., Bonassi, A., Federici, S., y Bontempi, E. (2018). A sustainable bioplastic obtained from rice straw. *Journal of Cleaner Production*, 200, 357-368. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.07.252>
- Bohórquez, N. (2017). *Factibilidad de la obtención de celulosa a partir de los residuos provenientes de la trilla del café*. [Tesis, Fundación Universidad de América. Colombia]. <http://repository.uamerica.edu.co/handle/20.500.11839/6327>
- Cedeño, N., y Zambrano, J. C. (2021). *Diseño de una línea de producción para la obtención de bioplásticos aprovechando los residuos de café a escala Industrial en la ciudad de Quevedo*. [Tesis. Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Ecuador]. <https://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/6115>
- Fourati, Y., Tarrés, Q., Delgado-Aguilar, M., Mutjé, P., y Boufi, S. (2021). Cellulose nanofibrils reinforced PBAT/TPS blends: Mechanical and rheological properties. *International Journal of Biological Macromolecules*, 183, 267-275. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2021.04.102>
- Guerrero, L. (2020). *Grado de biodegradabilidad del bioplástico elaborado con almidón de plátano verde (Musa paradisiaca L.)*. [Tesis. Universidad Nacional de Jaén. Perú]
- Iguardia, C. H. (2013). *Síntesis y Caracterización de Bioplástico a partir de Almidón de Banano Verde (Musa sapientum variedad Cavendish)*. [Tesis. Universidad de San Carlos de Guatemala]. http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/06/06_3523.pdf
- Jannah, M., Ahmad, A., Hayatun, A., Taba, P., y Chadijah, S. (2019). Effect of filler and plastisizer on the mechanical properties of bioplastic cellulose from rice husk. *Journal of Physics: Conference Series*, 1341(3), 032019. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1341/3/032019>
- Lema, E., y Manzo, S. (2021). *Diseño de una línea de producción de bioplástico a partir de residuos del cacao con aplicación en envasado de alimentos*. [Tesis. Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Ecuador]. <https://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/6113>
- Lubis, M., Gana, A., Maysarah, S., Ginting, M. H. S., y Harahap, M. B. (2018). Production of bioplastic from jackfruit seed starch (*Artocarpus heterophyllus*) reinforced with microcrystalline cellulose from cocoa pod husk (*Theobroma cacao* L.) using glycerol as plasticizer. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 309, 012100. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/309/1/012100>

- Mantilla, C. A. (2021). *Extracción de almidón de plátano Dominico Hartón y síntesis de biopolímeros para la evaluación de su comportamiento en pruebas de resistencia a la tracción y el agua*. [Tesis. Universidad Libre. Colombia]. <https://hdl.handle.net/10901/19519>
- Maulida, Siagian, M., y Tarigan, P. (2016). Production of Starch Based Bioplastic from Cassava Peel Reinforced with Microcrystalline Cellulose Avicel PH101 Using Sorbitol as Plasticizer. *Journal of Physics: Conference Series*, 710, 012012. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/710/1/012012>
- Nugroho, F. G., Nizardo, N. M., y Saepudin, E. (2020). Synthesis of citric acid crosslinked PVA/tapioca starch bioplastic reinforced with grafted cellulose. *Conferencia AIP. Proc.* 2242(1). <https://doi.org/10.1063/5.0010357>
- Ortega, M. (2019). Elaboración de bioplástico a partir de paja y residuos de granos de arroz. [Tesis, Universidad Tecnológica del Perú]. <https://hdl.handle.net/20.500.12867/2810>
- Osorio, A. P. O., y Rubiano, K. D. R. (2019). *Desarrollo de una biopelícula partiendo de cáscara de banana y fibra natural como agente de refuerzo a nivel de laboratorio*. [Tesis, Fundación Universidad de América. Colombia].
- Rendón, R., Lorenzo, M. A., Olvera, R., y Trujillo, C. A. (2022). Bioplastic composed of starch and micro-cellulose from waste mango: *Mechanical properties and biodegradation*. *Polímeros*, 32(3), e2022026. <https://doi.org/10.1590/0104-1428.20210031>
- Rodríguez, I. (2022). *Pulpa de celulosa a partir de cascarrilla de café (Coffea arabica) por el método alcalino*. [Tesis. UNAN-Managua]. <http://repositorio.unan.edu.ni/19546/>
- Rojas, E. A., y Hernández, G. (2022). Aprovechamiento tecnológico de la pulpa de café en la obtención de un producto vaso biodegradable. [Repositorio Universidad de La Salle, Bogotá].
- Vargas, Y. A., y Pérez, L. I. (2018). Aprovechamiento de residuos Agroindustriales para el mejoramiento de la Calidad del Ambiente. *Revista Facultad de Ciencias Básicas*, 14(1), 59-72. DOI: <https://doi.org/10.18359/rfcb.3108>

ARTÍCULO ORIGINAL

Identificación y evaluación de riesgos en la construcción e implementación del hospital II-1 de San Ignacio - Cajamarca

Identification and evaluation of risks in the construction and implementation of the II-1 hospital in San Ignacio - Cajamarca

Heidy Rojas-Adrianzén ¹* y Alfredo Lizana-Adrianzén ²

RESUMEN

La investigación identificó y evaluó los riesgos en la ejecución del proyecto de construcción e implementación del Hospital II-1 de San Ignacio en Cajamarca en 2022, utilizando como referencia la Guía del PMBOK. Se identificaron 15 riesgos, cada uno con tres causas generadoras. Se elaboró una encuesta basada en esta guía, aplicada a una población de 50 trabajadores del proyecto previamente capacitados. Los resultados mostraron que el 93.33% de los riesgos eran de alta o moderada prioridad. Del total de riesgos, el 6.66% se aceptaron, el 46.67% se evitaron y el 46.67% se mitigaron. Además, se relacionó la priorización y la respuesta a los riesgos, determinando que el 33.33% eran subsanables, el 53.33% tolerables y el 13.34% diferibles. Estos hallazgos exhibieron la necesidad de estrategias efectivas de gestión de riesgos para garantizar la viabilidad y seguridad, recomendando revisiones periódicas y una comunicación clara para reducir imprevistos y asegurar el éxito del proyecto.

Palabras clave: Identificación de riesgos, evaluación de riesgos, construcción.

ABSTRACT

The research identified and assessed the risks in the execution of the construction and implementation project of the San Ignacio II-1 Hospital in Cajamarca in 2022, using the PMBOK Guide as a reference. Fifteen risks were identified, each with three root causes. A survey based on this guide was developed and applied to a population of 50 previously trained project workers. The results showed that 93.33% of the risks were of high or moderate priority. Of the total risks, 6.66% were accepted, 46.67% were avoided, and 46.67% were mitigated. In addition, the prioritisation and response to the risks was linked, determining that 33.33% were remediable, 53.33% tolerable and 13.34% deferrable. These findings showed the need for effective risk management strategies to ensure the viability and safety, recommending regular reviews and clear communication to reduce unforeseen events and ensure project success.

Keywords: Risk identification, risk assessment, construction.

* Autor para correspondencia

1 Universidad de Chiclayo, Perú. Email: heidyrojasadrianzen@gmail.com

2 Universidad Nacional de Jaén, Perú. Email: alfredo.lizana@est.unj.edu.pe

INTRODUCCIÓN

La seguridad y salud laboral de los trabajadores es un aspecto crucial que influye directamente en la calidad de los servicios prestados y en la sostenibilidad de las organizaciones. Por ejemplo, en Ecuador, la falta de una adecuada gobernanza y herramientas para integrar la información sobre accidentes laborales ha generado preocupación en cuanto a la gestión eficiente de los riesgos laborales. Como señala Ortiz-Madroñal (2022), este país registró 22 861 accidentes de trabajo en el año 2014, lo que evidencia la importancia de abordar esta problemática de manera integral.

Las empresas se enfrentan al desafío de controlar los riesgos que afectan la salud de sus empleados y los recursos materiales y financieros. Los accidentes laborales y las enfermedades no solo representan una amenaza para la estabilidad de las empresas, sino que también impactan negativamente en su productividad y competitividad en el mercado (Estrada Araoz et al., 2019; Pupo-Guisado et al., 2018). Ante este panorama, Silva (2002) argumenta que la ausencia de los trabajadores debido a problemas de salud derivados del ambiente laboral puede generar costos significativos y afectar el rendimiento general de la empresa.

La prevención de riesgos laborales se convierte así en una prioridad para las organizaciones, que deben implementar medidas preventivas y de mejora para garantizar la seguridad y salud de sus trabajadores. En este sentido, la identificación y evaluación de riesgos, así como la adopción de procedimientos y herramientas de gestión de riesgos, son fundamentales para reducir la probabilidad de accidentes y enfermedades (Kusy y Alejandra, 2001; Ray et al., 2019).

En el contexto específico de la construcción del Hospital II-1 de San Ignacio en Cajamarca, Perú, se presenta un escenario donde la identificación y evaluación de riesgos adquiere una relevancia particular debido a la complejidad y magnitud del proyecto, así como a las condiciones geográficas y climáticas de la región.

Esta investigación se centra en la identificación y evaluación de riesgos en la construcción e implementación del Hospital II-1 de San Ignacio en Cajamarca, Perú, reconociendo la importancia crucial de la seguridad y salud laboral en proyectos de esta envergadura. A través de una revisión exhaustiva de la literatura relacionada y trabajos similares, se contextualiza la investigación, destacando la necesidad de una gestión integral de riesgos para garantizar el éxito y la sostenibilidad de este tipo de proyectos. A pesar de las posibles limitaciones inherentes al estudio, se espera ofrecer datos que contribuyan a proteger tanto a los trabajadores como a los recursos materiales y financieros involucrados en la obra, promoviendo así una ejecución eficiente y segura del hospital.

Por lo tanto, la investigación tiene como objetivo identificar y evaluar los riesgos en la construcción e implementación del Hospital II-1 de San Ignacio en Cajamarca.

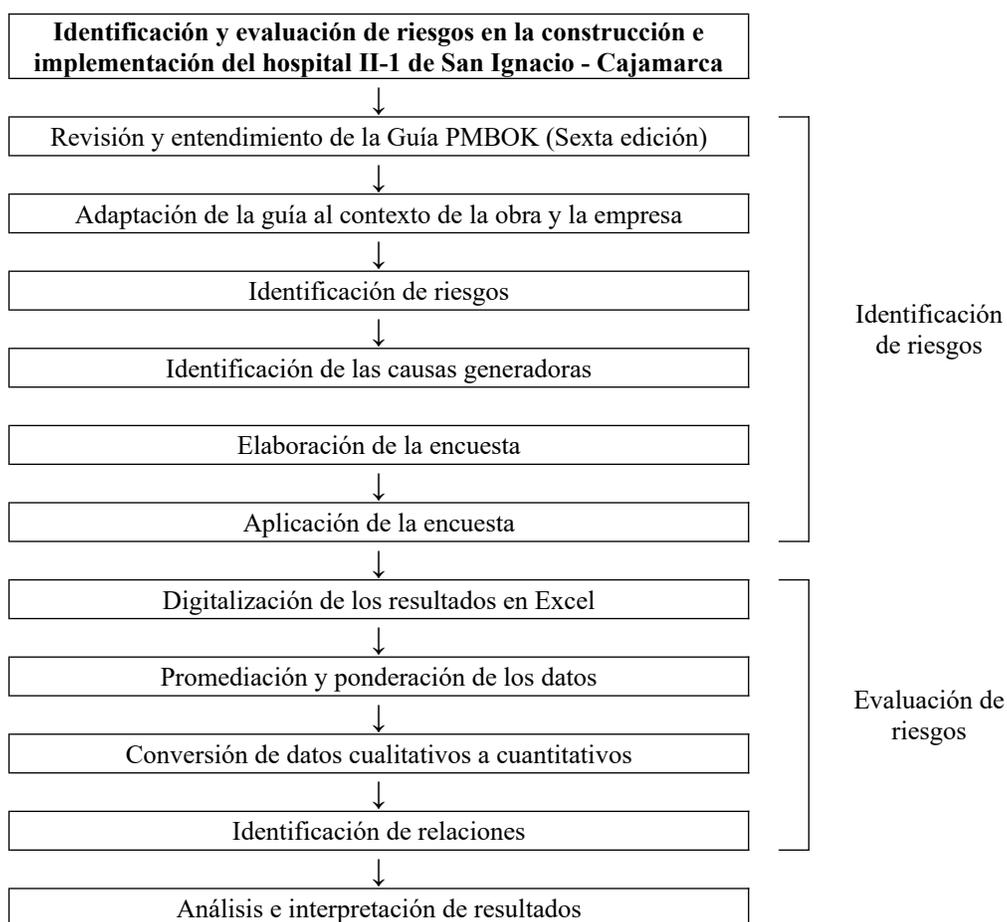
MATERIALES Y MÉTODOS

El proyecto de construcción e implementación del Hospital II-1 de San Ignacio, ejecutado en 2022, se ubicó frente al Cuartel de Ejército, a dos cuadras de la Plaza principal de la provincia de San Ignacio, en el departamento de Cajamarca. Situado en una zona de clima cálido, con temperaturas de hasta 30°C y lluvias de enero a abril, el terreno del hospital de 7 304.44 m² y perímetro de 352 metros lineales se encuentra en los valles bajos de los ríos Chinchipe y Tabaconas. La provincia de San Ignacio, limita al norte con Ecuador, al este con Amazonas, al sur con Jaén y al oeste con Piura.

La investigación se divide en dos fases: Identificación y evaluación de riesgos. El procedimiento se resume en la Figura 1 y los detalles se especifican en los apartados siguientes.

Figura 1

Metodología empleada para la identificación y evaluación de riesgos



Identificación de riesgos

La Guía del PMBOK (Sexta Edición) y su matriz de probabilidad e impacto (Figura 2), fueron referentes para identificar la Probabilidad de ocurrencia de los riesgos y con ello evaluar el Impacto en la ejecución de la obra y la Prioridad de riesgos.

Figura 2

Matriz de probabilidad e impacto según Guía del PMBOK

PROBABILIDAD DE OCURRENCIA	Muy alta	0.90	0.045	0.090	0.180	0.360	0.720
	Alta	0.70	0.035	0.070	0.140	0.280	0.560
	Moderada	0.50	0.025	0.050	0.100	0.200	0.400
	Baja	0.30	0.015	0.030	0.060	0.120	0.240
	Muy baja	0.10	0.005	0.010	0.020	0.040	0.080
IMPACTO EN LA EJECUCIÓN DE LA OBRA			0.05	0.10	0.20	0.40	0.80
		Muy bajo	Bajo	Moderado	Alto	Muy alto	
PRIORIDAD DE RIESGO				Baja	Moderada	Alta	

Nota: La matriz fue recopilada de Guía del PMBOK Sexta Edición (Project Management Institute, 2017).

La población y la muestra coincidieron en tamaño, abarcando al total del personal de la empresa constructora del Hospital II-1 de San Ignacio, Cajamarca. Para la recolección de datos, se siguieron las directrices establecidas en la Guía PMBOK (sexta edición). Se elaboró una ficha de entrevista (encuesta) adaptada a la realidad específica de la obra y la empresa, la cual incluía tres causas generadoras por cada riesgo identificado (Tabla 1). Antes de aplicar la encuesta, se capacitó a los entrevistados, explicándoles detalladamente el significado y el valor de las calificaciones tanto cuantitativas como cualitativas. Posteriormente, la encuesta fue aplicada a la población de 50 adultos, considerando que poseen un nivel promedio de entendimiento y comprensión.

Tabla 1

Riesgos identificados en la construcción e implementación del Hospital II-1 de San Ignacio-Cajamarca-2022

Código	Riesgo	Descripción	Causas generadoras
R001	Obras provisionales y trabajos preliminares	Impactos acumulativos por cambios	Almacenamiento inadecuado de materiales y equipo Evacuación de escombros en intervalos inapropiados Mala coordinación
R002	Seguridad y salud	Operario accidentado en el área de carga y descarga	Mala ubicación de la maquinaria de construcción Limitaciones en su radio y/o área de acción Las rutas no presentan señalización

R003	Movimiento de tierras	Trabajadores atrapados y enterrados por derrumbe	Material inadecuado para apuntalar la zanja Suelo inestable Ausencia de barreras de protección
R004	Obras de concreto simple	Desniveles del suelo	Demora en el vaciado del contra piso Poca mano de obra calificada Mala manipulación de las herramientas
R005	Obras de concreto armado	Caída de los trabajadores desde las alturas	Trepar por los encofrados Omisión del uso de plataformas elevadoras Omisión de procesos de seguridad
R006	Cerco perimétrico	Atraso en la entrega de ladrillo de arcilla para la obra	Falta de coordinación con los proveedores Condiciones del terreno Clima adverso
R007	Muros y tabiques	Atraso en la entrega de ladrillo de arcilla para la obra	Falta de coordinación con los proveedores Condiciones del terreno Clima adverso
R008	Revoques, enlucidos y molduras	Desprendimiento del enlucido	Mala proporción en la preparación Clima adverso Deficiencia al control de las actividades
R009	Cielos rasos	Tuberías no instaladas retardan los cielos rasos	Presupuesto mal elaborado Entrega tardía por la lejanía del proveedor Retraso en el pago a los contratistas
R010	Pisos y pavimento	Desniveles del piso y segregación del pavimento	Separación de partículas en la capa asfáltica Materiales y herramientas inadecuadas Mano de obra no calificada
R011	Contra zócalos	Desniveles del suelo	Demora en el vaciado del contra piso Poca mano de obra calificada Mala manipulación de las herramientas
R012	Revestimiento de escalera	Discontinuidad en los pasos y contrapasos de inicio a fin	Aceleración de la construcción Deficiencia de la mano de obra Mala programación de abastecimiento de material
R013	Coberturas	Mala instalación	Errores y trabajos rehechos Clima adverso Limitación en altura
R014	Carpintería de madera	Malos acabados	Escasez de material Caída de huaicos en la carretera Falla de coordinación con el proveedor
R015	Carpintería metálica y herrería	Sobrevaloración	Compras inoportunas Errores de logística Exceso de mano de obra

Evaluación de riesgos

La encuesta consistió en tablas que detallan los riesgos y las causas generadoras (Tabla 1). Estas evaluaron la Probabilidad de ocurrencia, Impacto en la ejecución de la obra, Priorización del riesgo y Respuesta a los riesgos. Las calificaciones de los entrevistado están en base a la matriz PMBOK (Figura 2). Por ejemplo, la Tabla 2 ejemplifica la identificación de un riesgo, cuyos datos obtenidos a través de la encuesta permitieron su evaluación posterior. Cabe precisar que los datos se procesaron en Excel para generar promedios, relaciones y agrupaciones.

Tabla 2

Obras de concreto simple, riesgo identificado en la construcción e implementación del Hospital II-1 de San Ignacio-Cajamarca-2022

Datos generales del proyecto				
Nombre del proyecto	“Hospital II-1 de San Ignacio”			
Ubicación geográfica	Cajamarca/ San Ignacio			
Código de riesgo	R004			
Riesgo	Obras de concreto simple			
Descripción del riesgo	Desniveles del suelo			
Evaluación				
Causas generadoras	Probabilidad de ocurrencia	Impacto en la ejecución de la obra	Priorización del riesgo	Respuesta a los riesgos
Demora en el vaciado del contrapiso				
Poca mano de obra calificada				
Mala manipulación de las herramientas				

Nota: Esta tabla es una de quince riesgos identificados en la construcción e implementación del Hospital II-1 de San Ignacio-Cajamarca-2022

En resumen, la evaluación de riesgos se realizó mediante el procesamiento de los resultados de las 50 encuestas, utilizando el software Excel para manejar valores cuantitativos y cualitativos. Los resultados se sumaron y promediaron según el riesgo y sus causas, tal como se muestra en la Tabla 3. En el software se programó para redondear los promedios al valor más cercano predeterminado en la guía PMBOK, facilitando así, las evaluaciones de Probabilidad de ocurrencia, Impacto en la ejecución de la obra, Priorización del riesgo y Respuesta a los riesgos.

RESULTADOS

Las matrices diseñadas para los riesgos identificados, son similares a la Tabla 2, las causas generadoras de todos los riesgos están establecidas en la Tabla 1, esta es considerada como la fase de evaluación (encuesta). El análisis se realizó según la Tabla 3, considerando al total, promedio del total y este promedio se redondeó al valor más cercano especificado en la Guía del PMBOK (Figura 2). Por ejemplo, la Probabilidad de ocurrencia en la guía posee valores predeterminados (0.1, 0.3, 0.5, 0.7 y 0.9), y el software Excel estuvo programado para que un promedio total se redondee a alguno de ellos. Entonces, si un valor es 0.2333, está cercano entre 0.1 y 0.3, por mayor cercanía será redondeado a 0.3. Este criterio se aplica para las 4 evaluaciones (Probabilidad de ocurrencia, Impacto en la ejecución de la obra, Priorización del riesgo y Respuesta a los riesgos) que contienen valores cuantitativos y cualitativos.

Tabla 3

Resultados del análisis de riesgos a partir de la evaluación (resultados de encuesta).

Evaluación				
Causas generadoras	Probabilidad de ocurrencia	Impacto en la ejecución de la obra	Priorización del riesgo	Respuesta a los riesgos
Demora en el vaciado del contrapiso	0.2	0.05	0.07	Mitigar riesgo
Poca mano de obra calificada	0.2	0.05	0.09	Evitar riesgo
Mala manipulación de las herramientas	0.3	0.20	0.18	Mitigar riesgo
Análisis				
Total	0.7	0.3	0.34	2 Mitigar riesgo
Promedio	0.2333	0.1	0.1133	1 Mitigar riesgo
Redondeo	0.3	0.1	0.1	Mitigar riesgo

Nota: Esta tabla contiene el análisis únicamente del Riesgo Obras de concreto armado. Los otros catorce riesgos están resumidos en las tablas 4 y 5.

Considerando la metodología de análisis (Tabla 3), los 15 riesgos se resumen y ordenan descendientemente según los resultados cuantitativos. La Tabla 4 especifica la Probabilidad de ocurrencia, Impacto de la ejecución de la obra y la Priorización del riesgo; además, resume la obtención de 1 riesgo bajo (6.66%), 7 riesgos moderados (46.67%) y 7 riesgos altos (46.67%).

Tabla 4

Comparación de la probabilidad de ocurrencia, el impacto en ejecución de la obra y la priorización de los riesgos identificados en la construcción e implementación del Hospital II-1 de San Ignacio-Cajamarca-2022

	Riesgos	Probabilidad de ocurrencia	Impacto en la ejecución de la obra	Priorización del riesgo
R004	Obras de concreto simple	0.7	0.4	0.28
R012	Obras provisionales y trabajos preliminares	0.5	0.4	0.20
R001	Cielos rasos	0.5	0.4	0.20
R014	Pisos y Pavimento	0.5	0.4	0.20
R010	Contra zócalos	0.5	0.4	0.20
R011	Revestimiento de Escalera	0.5	0.4	0.20
R009	Carpintería de Madera	0.5	0.4	0.20
R003	Cerco perimétrico	0.7	0.2	0.14
R013	Muros y tabiques	0.5	0.2	0.10
R015	Seguridad y salud	0.3	0.2	0.06
R008	Movimiento de tierras	0.3	0.2	0.06
R006	Coberturas	0.3	0.2	0.06
R007	Carpintería Metálica y Herrería	0.3	0.2	0.06
R002	Revoques, enlucidos y molduras	0.5	0.1	0.05
R004	Obras de concreto armado	0.3	0.1	0.03

Alto
(46.67%)

Moderado
(46.67%)

Bajo (6.66%)

La Tabla 5 resume los resultados cualitativos obtenidos. La Priorización del riesgo en la Tabla 4 especificaba dos valores (cuantitativo y cualitativo), estos son traducidos como Respuesta a los riesgos y se atribuye opciones o puntuaciones como aceptar, evitar o mitigar riesgo, cuyos porcentajes en total se calcularon en 6.66%, 46.67% y 46.67% respectivamente.

Tabla 5

Respuesta a los riesgos identificados en la construcción e implementación del Hospital II-1 de San Ignacio-Cajamarca-2022

Riesgos	Priorización del riesgo	Respuesta a los riesgos	
R004		Mitigar riesgo	
R012		Mitigar riesgo	
R001		Evitar riesgo	Mitigar (13.33 %)
R014	Alto (46.67 %)	Evitar riesgo	Evitar (26.67 %) Mitigar (46.67 %)
R010		Evitar riesgo	Evitar (46.67 %)
R011		Evitar riesgo	Aceptar (6.66 %)
R009		Aceptar riesgo	Aceptar (6.66 %)
R003	Moderado (46.67 %)	Mitigar riesgo	Mitigar (26.67 %)
R013		Mitigar riesgo	

R015		Mitigar riesgo	
R008		Mitigar riesgo	
R006		Evitar riesgo	Evitar (20.00 %)
R007		Evitar riesgo	
R002		Evitar riesgo	
R004	Bajo (6.66 %)	Mitigar riesgo	Mitigar (6.66 %)

En la Tabla 6 se relacionó a la priorización de los riesgos con la respuesta a estos. En la Priorización del riesgo se ha otorgado valores equivalentes cuantitativos del 1 al 3, donde 3 es alto, 2 es moderado y 1 es bajo. La Respuesta a los riesgos también tiene tres valores, donde 3 es mitigar, 2 es evitar y 1 es aceptar. Esta conversión de valores considera el impacto en orden ascendente, así como lo especifica la Guía PMBOK, de tal manera que la coincidencia 3:3, 2:2 o 1:1 son consideradas como riesgos subsanables, las coincidencias 2:3 o 3:2 son tomadas como riesgos tolerables y la relación 1:3 o 3:1 equivale a riesgos diferibles (requieren de una nueva evaluación). Teniendo en cuenta estas consideraciones, la Tabla 6 nos indica 5 riesgos subsanables (33.33%), 8 tolerables (53.33%) y 2 diferibles (13.34%).

Tabla 6

Relación entre la priorización y la respuesta a los riesgos identificados

Riesgos	Priorización del riesgo		Respuesta a los riesgos		Relación	Equivalencia	Resultado total
	Calificación	Puntaje	Calificación	Puntaje			
R004	Alto	3	Mitigar	3	3:3	Riesgo subsanable	
R012	Alto	3	Mitigar	3	3:3	Riesgo subsanable	
R001	Alto	3	Evitar	2	3:2	Riesgo tolerable	
R014	Alto	3	Evitar	2	3:2	Riesgo tolerable	
R010	Alto	3	Evitar	2	3:2	Riesgo tolerable	33.33 %
R011	Alto	3	Evitar	2	3:2	Riesgo tolerable	Riesgos subsanables
R009	Alto	3	Aceptar	1	3:1	Riesgo diferido	
R003	Moderado	2	Mitigar	3	2:3	Riesgo tolerable	53.33 %
R013	Moderado	2	Mitigar	3	2:3	Riesgo tolerable	Riesgos tolerables
R015	Moderado	2	Mitigar	3	2:3	Riesgo tolerable	
R008	Moderado	2	Mitigar	3	2:3	Riesgo tolerable	13.34%
R006	Moderado	2	Evitar	2	2:2	Riesgo subsanable	Riesgos diferibles
R007	Moderado	2	Evitar	2	2:2	Riesgo subsanable	
R002	Moderado	2	Evitar	2	2:2	Riesgo subsanable	
R004	Bajo	1	Mitigar	3	1:3	Riesgo diferible	

DISCUSIONES

La identificación de riesgos a partir de la Guía PMBOK (Sexta Edición) fue adaptada al contexto específico del proyecto de construcción del Hospital II-1 de San Ignacio. Aunque la guía presenta una amplia gama de riesgos y múltiples causas generadoras, el proyecto consideró 15 riesgos y 3 causas para cada uno. Este número podría parecer limitado, pero se está considerando el tamaño de la obra y el número total de obreros involucrados, que suma 50 personas. Estos trabajadores fueron encuestados tras una capacitación previa, lo cual asegura respuestas informadas. Rodríguez-Garzón et al., (2014) y Ullah et al., (2024) afirman que la idea de adaptar la identificación y gestión al contexto es efectiva, ya que la teoría de la Guía PMBOK proporciona una matriz que permite evaluar los riesgos y sus causas independientemente de su número. Además, la conversión de valores cualitativos a cuantitativos facilita el pronóstico y los resultados. De este modo, la adaptación de la guía a la realidad de la ejecución de la obra contribuye significativamente a la viabilidad y al éxito a corto o largo plazo de los proyectos de construcción.

En la evaluación de riesgos, empleando el software Excel se realizó un redondeo sistemático al valor más cercano especificado en la matriz de la Guía PMBOK. Aunque es discutible la utilización de otros software y métodos estadísticos de redondeo como la amortización o el suavizamiento, los valores de la guía son tan cercanos y pequeños (por ejemplo, de 0.020 a 0.060, con una variación de 0.04) que otras técnicas podrían desviar significativamente los resultados. Eloy y Guirao (2015) y Ramírez et al., (2023) recomiendan el uso de ponderaciones tradicionales, como en esta investigación (Tabla 3), argumentando que las técnicas de amortización o suavizamiento pueden alterar los valores debido al uso de constantes en valores decimales o centesimales. Además, dada la falta de una recomendación específica en la Guía PMBOK, los evaluadores suelen optar por el método empírico, que ha demostrado ser eficaz y veraz en los proyectos donde se aplica.

La priorización de riesgos en este proyecto alcanzó un porcentaje aceptable del 93.33 % en total (46.67 % alta y 46.67 % moderada), lo cual teóricamente es un índice satisfactorio en términos de reducción de riesgos. Espinoza-Morales, (2019) argumenta que una priorización de riesgos mayor del 75% en categorías altas y moderadas se correlaciona positivamente con una disminución en la incidencia de eventos adversos y una mejora en el cumplimiento de los objetivos del proyecto. Sin embargo, Cabezudo y Huamani, (2022) afirman que los resultados dependen en gran medida de la gestión posterior, ya que la evaluación y determinación de estos valores son válidos en el presente. En proyectos de gestión pública, factores como demoras y situaciones imprevistas, como el clima adverso, pueden afectar negativamente los resultados y contradecir los buenos pronósticos iniciales. Por tanto, no solo es crucial obtener buenos

resultados en la evaluación de riesgos, sino también continuar con una gestión y ejecución efectiva para garantizar el éxito del proyecto.

Por otro lado, se observa una distribución del 6.66% de riesgos aceptados, 46.67% evitados y 46.67% mitigados, los cuales al relacionarse con la Priorización de riesgos (Tabla 6), revelan un 33.33% de riesgos subsanables, 53.33% tolerables y 13.33% diferibles. Según la Guía PMBOK, los riesgos diferibles deben limitarse al 10%, los tolerables hasta un 20%, y los subsanables pueden variar entre el 40% y 80%. Entonces, en este proyecto, los riesgos diferibles exceden en un 3.33% y los tolerables hasta en un 33.33%, los cuales necesitarían atención inmediata, pues suman un exceso del de 36.66%. Aunque este número excedente es menor al 50%, Osorio et al., (2017) advierten que, en proyectos de construcción, los riesgos pueden magnificarse debido a situaciones imprevistas, convirtiéndolos en riesgos muy altos a futuro. Además, Zhang (2024) afirma que es crucial reevaluar constantemente los riesgos diferibles y subsanables para implementar acciones preventivas adicionales y no descuidar su gestión efectiva durante la ejecución del proyecto. Por lo tanto, la empresa ejecutora, debería considerar las sugerencias de la literatura, acorde con los resultados obtenidos.

Por último, esta investigación se enfoca en los riesgos generales de la obra de construcción y no en los riesgos específicos de las actividades operativas como estructuras, arquitectura, sanitarias, eléctricas, mecánicas y telecomunicaciones. Argüello-López et al., (2017) y Moreira et al., (2024) enfatizan la importancia de analizar los riesgos asociados a cada una de estas actividades y de implementar planes de mitigación específicos. Sin embargo, llevar a cabo una investigación detallada para cada una de las actividades operativas requeriría de más tiempo y podría causar incomodidades en los obreros, además de presupuesto específico para esta actividad. Por ello, el enfoque de esta investigación es general, pero proporciona una base significativa para futuras investigaciones.

CONCLUSIONES

Adaptando la Guía PMBOK (Sexta Edición) al contexto de la ejecución de la obra, se identificaron y evaluaron quince riesgos con tres causas generadoras para cada uno, Los resultados muestran que el 46.67% de los riesgos son altos, el 46.67% moderados y el 6.66% bajos. La mayoría de los riesgos requieren medidas de mitigación (53.33%) o evitación (46.67%), con un pequeño porcentaje aceptado (6.66%). La priorización y la respuesta a los riesgos indican que el 33.33% son subsanables, el 53.33% tolerables y el 13.33% diferibles, reflejando una necesidad significativa de estrategias efectivas de gestión de riesgos para garantizar la viabilidad y seguridad del proyecto. Acorde con ello, a modo de recomendación, es considerable la evaluación por actividades operativas ya que puede ofrecer resultados más precisos y realistas. Además, es necesario destacar la importancia de las revisiones periódicas y

comunicación clara entre los ejecutores de la obra para reducir situaciones imprevistas, impactos adversos y garantizar el éxito del proyecto.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Argüello-López, G. M., Uribe Bermúdez, J. M., & Valdivieso Guerrero, M. (2017). Relación entre capacitación y actitud hacia los riesgos laborales en el sector construcción del área metropolitana de Bucaramanga. *I+D Revista de Investigaciones*, 9(1), 14–26. <https://doi.org/10.33304/REVINV.V09N1-2017002>
- Cabezudo, M. Á., & Huamani, M. P. (2022). Aplicación de guía PMBOK para la gestión de riesgos en una obra de control de inundaciones, 2022. *Universidad Privada San Juan Bautista*. <https://doi.org/10.59590/UPSJB/FI.ING.CIV/TESIS/4092>
- Eloy, J., & Guirao, M. (2015). Riesgos laborales en la construcción. un análisis sociocultural. *Universitas*, 23, 65–86. <https://doi.org/10.17163/UNI.N23.2015.03>
- Espinoza Morales, J. E. (2019). Estudio del nivel de riesgo en obras de construcción civil. Revisión de la literatura. *Universidad Privada Del Norte*. <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/15284>
- Estrada Araoz, E. G., Juddy, H., Uchasara, M., Wilfredo, J., & Jaliri, C. (2019). Clima organizacional y satisfacción laboral: Caso de docentes de instituciones educativas de educación básica. *Conocimiento Para El Desarrollo*, 10(2), 221–226. <https://doi.org/10.17268/CPD.2019.02.08>
- Kusy, S., & Alejandra, M. (2001). Los riesgos del trabajo en la construcción. Los casos de Rosario y Montevideo. *Economía, Sociedad y Territorio*, III(10), 291–319. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=11101004>
- Moreira, F. G. P., Pereira de Oliveira, C., & Farias, C. A. (2024). Workplace accidents and the probabilities of injuries occurring in the civil construction industry in Brazilian Amazon: A descriptive and inferential analysis. *Safety Science*, 173, 106449. <https://doi.org/10.1016/J.SSCI.2024.106449>
- Ortiz Madroñal, M. (2022). *Propuesta de modelo de gestión de infraestructura hospitalaria mediante Facility Management para Colombia*. <https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/10129/TESIS - Modelo SIFM v 7.0 - MODIFICADO- %2802.21%29.pdf?sequence=4&isAllowed=y>
- Osorio, J. C., Manotas, D. F., & Rivera, L. (2017). Priorización de Riesgos Operacionales para un Proveedor de Tercera Parte Logística - 3PL. *Información Tecnológica*, 28(4), 135–144. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642017000400016>
- Project Management Institute, I. (2017). PMBOK Guide Sixth Edition. In I. Project Management Institute (Ed.), *Project Management Institute, Inc.* Project Management Institute, Inc. <https://www.udocz.com/apuntes/29624/guia-del-pmbok-sexta-edicion-espanol>

- Pupo-Guisado, B., Velázquez-Zaldívar, R., & Tamayo-Fajardo, M. Á. (2018). Impacto de los factores externos en el clima organizacional de empresas constructoras. *Ciencias Holguín*, 24(1). <https://www.redalyc.org/journal/1815/181553863008/181553863008.pdf>
- Ramírez, G., Alberto, O., Cabanillas, R., & Daniel, J. (2023). Aplicación de la guía PMBOK para el análisis de riesgos en la obra: Recuperación de Infraestructura de la I.E. 2342. *Universidad Privada Antenor Orrego*. <https://repositorio.upao.edu.pe/handle/20.500.12759/11298>
- Ray, K., Pandey, P., Pandey, C., Dimri, A. P., & Kishore, K. (2019). On the recent floods in India. *Current Science*, 117(2).
- Rodríguez Garzón, I., Castilla Rodríguez, B., & Martínez Fiestas, M. (2014). Riesgo percibido en la construcción en España y Perú: un estudio exploratorio. *Revista de La Universidad Industrial de Santander. Salud*, 46(3), 277–285. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-08072014000300008&lng=en&nrm=iso&tlng=es
- Silva, M. A. (2002). Arriesgarse para no perder el empleo: las secuelas en la salud de los obreros de la construcción del Mercosur. *Sociologias*, s/v(8), 358–399. <https://doi.org/10.1590/S1517-45222002000200014>
- Ullah, S., Xiaopeng, D., Anbar, D. R., Victor Amaechi, C., Kolawole Oyetunji, A., Ashraf, M. W., & Siddiq, M. (2024). Risk identification techniques for international contracting projects by construction professionals using factor analysis. *Ain Shams Engineering Journal*, 15(4), 102655. <https://doi.org/10.1016/J.ASEJ.2024.102655>
- Zhang, Y. (2024). Application of risk management plan to technical risks in metro construction: Case study of the Grand Paris Express project. *Tunnelling and Underground Space Technology*, 147, 105716. <https://doi.org/10.1016/J.TUST.2024.105716>

ARTÍCULO ORIGINAL

Aplicación de los modelos experimentales de Peleg y Page durante la deshidratación osmótica y el secado convectivo de mitades de tomate (*Solanum lycopersicum* L.)

Application of Peleg and Page's experimental models during osmotic dehydration and convective drying of tomato halves (*Solanum lycopersicum* L.)

Luis Soto-Jiménez¹ , Cesar Monteza-Arbulú¹  y Miguel Angel Solano-Cornejo¹ .

RESUMEN

El fenómeno de la transferencia de masa durante la deshidratación osmótica y secado convectivo de mitades de tomates (*Solanum lycopersicum* L.) se llevó a cabo 1) utilizando sacarosa y sal como solutos; 2) ajustando las ecuaciones de Peleg y Page a los datos experimentales. La fruta se cortó en mitades y se extrajo sus semillas y placenta. Se la deshidrató osmóticamente con soluciones: al 10.8% 18% y al 30% 50%, (p/v), de sal y sacarosa respectivamente a temperatura de 25 °C. Posteriormente, las muestras resultantes, fueron sometidas a un proceso de secado convectivo por aire forzado en un túnel a las temperaturas de: 50; 70; 90 °C. Determinándose la pérdida de peso de las muestras, la ganancia de sólidos, obteniendo parámetros de los modelos experimentales de Peleg y Page con niveles de correlación de $R^2 \geq 0.9894$ para los modelos propuestos.

Palabras clave: tomate, transferencia de masa, deshidratación osmótica, secado, modelos matemáticos

ABSTRACT

The phenomenon of mass transfer during osmotic dehydration and convective drying of tomato halves (*Solanum lycopersicum* L.) was carried out 1) using sucrose and salt as solutes; and 2) by fitting the Peleg and Page equations to the experimental data. The fruit was cut into halves and its seeds and placenta were removed. It was osmotically dehydrated with solutions: 10.8% 18% and 30% 50%, (w/v), of salt and sucrose respectively at a temperature of 25 °C. Subsequently, the resulting samples were subjected to a convective drying process by forced air in a tunnel at temperatures of: 50; 70 and 90°C. Determining the weight loss of the samples, the solids gain, obtaining parameters from the experimental models of Peleg and Page with correlation levels of $R^2 \geq 0.9894$ for the proposed models.

Keywords: tomato, mass transfer, osmotic dehydration, drying, mathematical models

* Autor para correspondencia

1 Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Perú. Email: lsoto@unprg.edu.pe, cmonteza@unprg.edu.pe, msolanoc@unprg.edu.pe

INTRODUCCIÓN

En la actualidad es importante para el consumidor ingerir alimentos, que además de sus beneficios nutricionales originales, éstos ayuden a mantener la salud en la prevención de enfermedades; buena parte de la producción mundial de frutas y hortalizas entre ellos el tomate está siendo vista con atención como un alimento funcional (Milacatl, 2003). El problema del tomate es que es altamente perecible. Dicho problema se debe a una combinación de factores biológicos, físicos y químicos que contribuyen al deterioro después de la cosecha (Hernández et al., 2011). Los tomates son productos hortofrutícolas sensibles al deterioro por su alto contenido de agua, baja resistencia estructural y su naturaleza respiratoria activa (Neumann, 2021; De Icaza, 2018).

Los tomates después de su cosecha continúan respirando, proceso que implica el consumo de oxígeno y producción de dióxido de carbono y agua. Este proceso es relevante para mantener las funciones vitales del fruto, sin embargo, también implica una pérdida de reservas alimenticias que reduce la vida útil (De Icaza, 2018). El tomate también continúa madurando después de su cosecha (fruto climatérico), sobre todo si no se controla el Etileno que libera del fruto, acelerándose la maduración y deterioro (Firdous et al., 2022). Los tomates son susceptibles a daños físicos por su textura blanda; cuando estos daños ocurren incrementa la posibilidad del deterioro por acciones de microorganismos (Neumann, 2021).

Una de las alternativas de solución a la perecibilidad del tomate es la reducción de la humedad. Por ejemplo, la deshidratación osmótica (DO) es un proceso ampliamente estudiado en los últimos años y usado principalmente como pre-tratamiento de muestras que luego son sometidas a congelación o a deshidratación térmica, como el secado por convección (Obajemih et al., 2023).

La aplicación deshidratación osmótica es simple y de bajo costo, debido entre otros al menor requerimiento de energía, brinda la posibilidad de preservar alimentos altamente perecederos, como el tomate (Zou et al., 2013). Consiste básicamente en la inmersión de un alimento en una solución osmótica concentrada, como una solución de azúcar o sal. Este proceso además de ayudar a reducir la alta perecibilidad de los alimentos, ayuda a incorporar sustancias solubles, como azúcares, sales, y aromas, en el alimento (Hayes, et al., 2010). Durante el proceso de secado, el contenido de humedad del producto de tomate secado se reduce típicamente en un 15 % (Zanoni et al., 1999).

Durante la deshidratación osmótica ocurren varios fenómenos de transferencia de masa como el flujo de agua del producto hacia el medio osmótico; la diferencia en la concentración de solutos entre el alimento y la solución osmótica crea un gradiente osmótico que impulsa la salida de agua desde el alimento hacia la solución (Aquino, 2023). Asimismo, ocurre el fenómeno de ingreso de solutos desde la solución osmótica al producto; simultáneamente a la pérdida de agua del alimento, los solutos de la solución osmótica (como azúcar o sal), pueden transferirse hacia el interior del alimento a una velocidad que dependen de la

diferencia de concentración, la temperatura de la solución, las propiedades físicas del alimento, y el tiempo de procesamiento (Pinzon, 2011).

Por lo general después del proceso de deshidratación osmótica, sigue una deshidratación térmica complementaria, como el secado por convección que es ampliamente utilizado. Este proceso implica la transferencia de masa y energía entre el producto y el aire circulante con el objetivo de eliminar suficiente contenido de agua hasta reducir la actividad del agua a un nivel que impida el crecimiento de microorganismos y la degradación enzimática (García et al., 2015).

La temperatura de secado después de la deshidratación osmótica es importantísima, la pérdida de humedad se incrementará proporcionalmente al aumento de la temperatura de secado; por lo que para elegir la temperatura adecuada del proceso se debe considerar la composición del alimento (Andritsos et al., 2003).

Se han aplicado diferentes modelos matemáticos para ajustar los resultados experimentales de procesos de la deshidratación osmótica, con el objeto de predecir el comportamiento de los productos alimenticios en la pérdida de humedad y ganancia de sólidos, por lo que se considera de suma importancia conocer los parámetros para su procesamiento. Unos de los modelos más usados son las ecuaciones propuestas por Peleg y Page para predecir los parámetros señalados anteriormente (Petrotos y Lazarides, 2001; Della-Rocca y Mascheroni, 2011). La deshidratación osmótica (DO) se ha considerado como un pretratamiento que cambia la condición del alimento sometido a secado sucesivo en términos no solamente en proporción de agua a materia seca, pero también propiedades físicas y composición química (Nowicka et al., 2015).

A pesar de sus ventajas, la deshidratación osmótica (DO) aún tiene restricciones para su implementación a nivel industrial tanto en el diseño de los equipos como de los procesos. Estas restricciones están relacionadas principalmente con la falta de modelos predictivos de cinéticas de pérdida de humedad y ganancia de sólidos que permitan relacionar con precisión las características de los productos deshidratados con las de la materia prima y las variables del proceso. Aunque la deshidratación osmótica ha sido utilizada desde muchos años atrás, generalmente se ha trabajado en forma empírica y la información experimental se interpreta con modelos que son válidos solamente para reproducir condiciones semejantes a las del trabajo del cual fueron obtenidos (Barat, 1998). Por ello, el objetivo de este estudio fue determinar el modelamiento matemático de la transferencia de masa durante la deshidratación osmótica y el secado convectivo del tomate variedad río grande, utilizando como solutos sal y sacarosa para luego evaluar el ajuste de los resultados experimentales a modelos matemáticos preestablecidos; como el modelo de Peleg y Page; para la deshidratación osmótica y secado convectivo respectivamente.

MATERIALES Y MÉTODOS

Preparación de la muestra

Se seleccionaron y compraron tomates de la variedad “Río Grande” en el Mercado Modelo de Lambayeque. Se lavaron y desinfectaron, el agua a usar fue agua destilada distribuida en el laboratorio de Química Orgánica FIQIA-UNPRG, para su desinfección se usó desinfectante orgánico en la dosis (10 mL del producto / L de agua).

Se procedió a cortar los tomates en mitades, de manera longitudinal, se retiraron las pepas y la placenta con cuidado de no dañar las paredes del tomate, se pesó y rotuló las mitades de tomates; las muestras fueron caracterizadas acidez titulable por titulación con NaOH al 0.1 N (AT), humedad por secado en estufa (H) y sólidos totales por refractometría (SST).

Procedimiento de deshidratación osmótica

Se prepararon soluciones de sal (NaCl) y sacarosa al 10.8, 18%, 30 y 50 % (p/v). Las mitades de tomates fueron colocadas en las soluciones de sal o sacarosa controlándose el peso cada hora extrayendo muestras al azar; para determinar peso y humedad hasta completar las 5 horas de deshidratación osmótica.

Procedimiento de Secado

Posterior a la deshidratación osmótica las muestras fueron secadas en aire a 50, 70 y 90 °C; para ello el tomate fue colocado en bandejas, dentro del secador por aire forzado perteneciente al laboratorio de procesos unitarios de la universidad nacional Pedro Ruiz Gallo. Durante las 10 horas de secado al aire se extrajeron 04 muestras de tomates al azar por cada hora de secado hasta concluir el proceso.

Cálculo de parámetros de transferencia de masa

Para el cálculo de los parámetros de transferencia de masa se utilizaron las siguientes ecuaciones de acuerdo a lo indicado por (Obajemih et al., 2023). La determinación de la pérdida de peso (**WR**), ganancia de sólidos (**SG**) y pérdida de agua (**WL**)

$$\%WR = \frac{W_i - W_t}{W_i} \times 100 \dots\dots\dots(1)$$

$$\%SG = \frac{SS_i - SS_t}{W_i} \times 100 \dots\dots\dots(2)$$

$$\%WL = \%SG + \%WR \dots\dots\dots(3)$$

$$\%WL = \frac{M_i - M_t}{W_i} \times 100 \dots\dots\dots(4)$$

Donde:

W_i = peso de la muestra inicial en g;

W_t = peso de la muestra al tiempo t en g;

SS_i = sólidos solubles iniciales (°Brix) expresados en g sólidos/100 g-1 MF;

SS_t = sólidos solubles al tiempo t (°Brix t) expresados en g sólidos/100 g-1 MF;

M_i = humedad inicial expresada en g H₂O/100 g-1 MF;
M_t = humedad al tiempo t expresada en g H₂O/100 g-1 MF

Modelado matemático por ecuación de Peleg de deshidratación osmótica

La ecuación de Peleg (1988), describe las curvas que se acercan a un equilibrio asintótico. Es un modelo no-exponencial de dos parámetros según lo indicado por (Ganjloo et al., 2012):

$$M(t) = M_i + \frac{t}{k_1 + k_2 t} \dots\dots\dots (5)$$

Donde:

M_i = humedad inicial;
M(t) = humedad al tiempo t;
k₁ = Constante de Velocidad de Peleg (min g/g⁻¹)
k₂ = Constante de Capacidad de Peleg (g/g)⁻¹
 Similar ecuación se puede escribir para la ganancia de sólidos (SG) y para la pérdida de peso

$$SG = \frac{t}{\frac{W_i}{100}(k_1 + k_2 t)} \dots\dots\dots (6)$$

En las ecuaciones 5 y 6 las constantes de Peleg (k₁ y k₂) y el coeficiente de correlación para dada temperatura y soluto (sal o sacarosa), se determinaron por regresión lineal, utilizándose posteriormente en el modelamiento con las ecuaciones (5) y (7). Obtenidos los valores de las constantes del modelo de Peleg, se modelaron las curvas de deshidratación osmótica comparándolas con los valores experimentales obtenidos.

Modelado matemático por ecuación de Page de deshidratación convectiva por aire

Para el comportamiento del proceso de secado se ha modelado utilizando la ecuación de Page, de acuerdo a lo indicado por (Gaware et al., 2010) :

$$MR = \frac{M - M_e}{M_0 - M_e} = \exp(-k t^n) \dots\dots\dots (7)$$

Donde:

MR: Relación de humedad,
M: Contenido de humedad en un instante cualquiera (%),
M₀: Contenido de humedad inicial (%),
M_e: Contenido de humedad en equilibrio (%),
t: Tiempo (min),
k: Coeficiente del modelo de Page,
n: Constante del modelo de Page

En la ecuación (7) el Coeficiente y la Constante de la ecuación de Page (k y n) fueron estimados por Regresión lineal, una vez obtenidos los valores del Coeficiente y Constantes del modelo de Page, permitieron construir las curvas de secado convectivo, y se compararon con los valores experimentales.

Análisis Estadístico

Se determinaron las diferencias significativas utilizando el Análisis de Varianza (ANVA) para un diseño completamente al azar (DCA), y para los valores que presentaron diferencia significativa ($p > 0.05$) se realizaron comparaciones pareadas por el método de Tukey ($p > 0.05$), tal como indica (Obajemihi et al., 2023).

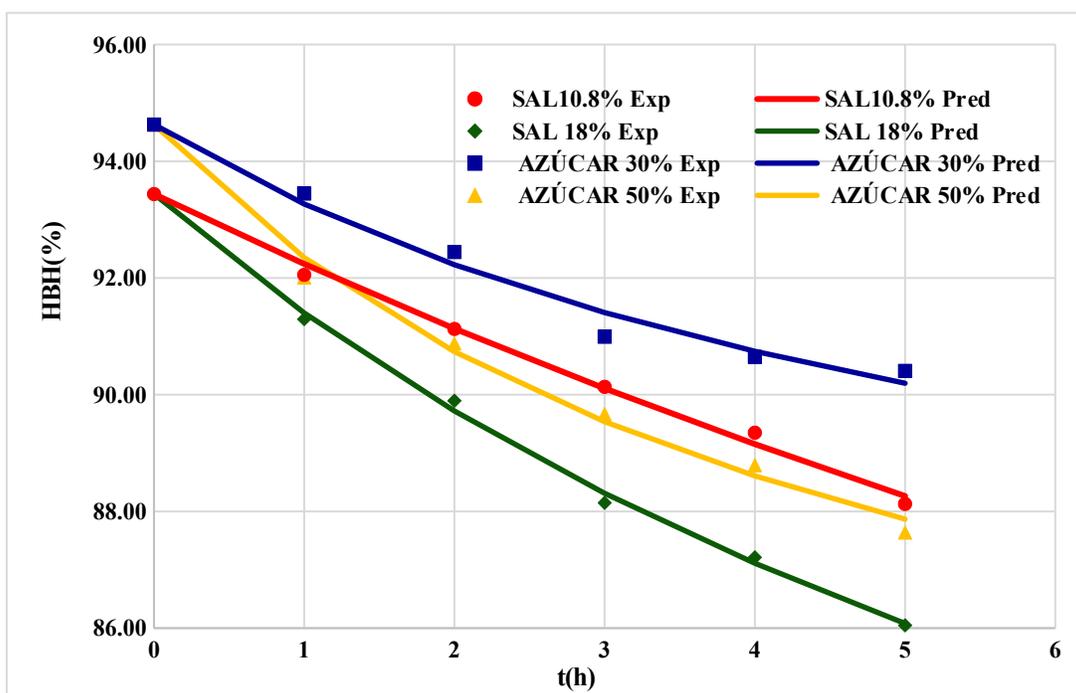
RESULTADOS

Deshidratación osmótica (DO) de tomate

Los resultados de la deshidratación osmótica de tomate utilizando soluciones de sal (10.8 y 18%) y sacarosa (30 y 50%) se presentan en la Figura 1. Así mismo se presenta la variación de humedad predicha por la ecuación de Peleg.

Figura 1

Modelamiento de la Variación de la Humedad en Base Humedad (HBH) en tomate por deshidratación osmótica basado en la Ecuación de Peleg



Se puede observar que conforme progresa el contacto entre la solución osmótica y el tomate la humedad disminuye; así mismo conforme la concentración del soluto osmótico (sal o sacarosa) aumenta la velocidad de deshidratación aumenta y la humedad final disminuye.

Los parámetros de modelamiento de la pérdida de humedad usando la ecuación de Peleg se presentan en la Tabla 1. En ella podemos observar que la ecuación de Peleg presenta un alto nivel de ajuste a los datos experimentales ($R^2 \geq 0.989$)

Tabla 1

Constantes de Peleg y Coeficiente de Correlación en el Modelamiento de la Variación de Humedad por la Ecuación de Peleg

Valores	Sal 10.8%	Sal 18%	Azúcar 30%	Azúcar 50%
k_1	0.801608	0.443618	0.635555	0.363547
k_2	0.032935	0.047179	0.098480	0.075170
R^2	0.997466	0.998934	0.989457	0.996147

Los valores de humedad final por deshidratación osmótica en sal y azúcar se presentan en la Tabla 02

Tabla 2

Humedad final en tomate osmodeshidratado por 5 horas con diferentes soluciones osmóticas. ($p > 0.05$)

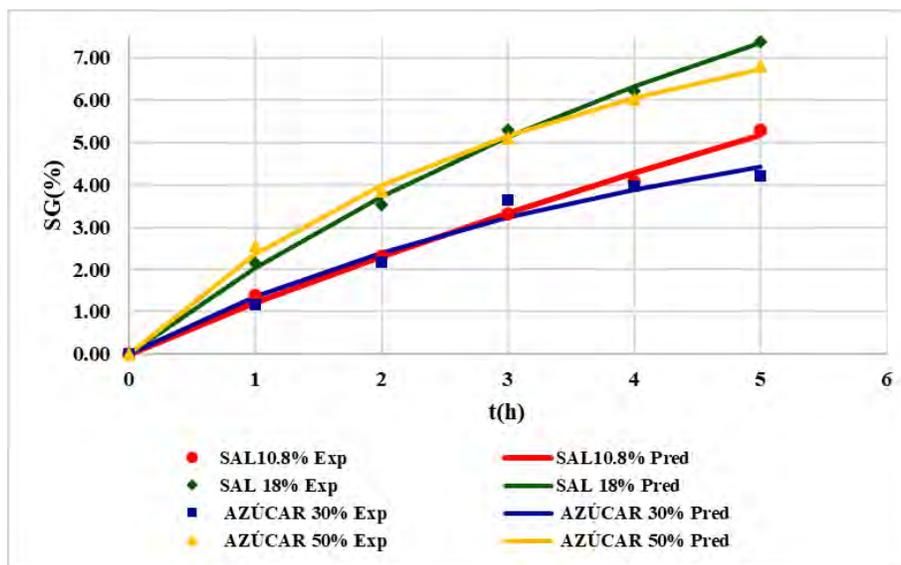
Soluciones	Conteo	Medias	Grupos homogéneos
Sal 18%	6	85.5333	X
Azúcar 50%	6	87.0583	X
Sal 10.8%	6	88.0883	X
Azúcar 30%	6	89.8100	X

Se determinó que con 5 horas de deshidratación osmótica la solución de sal al 18% logró la mayor reducción de humedad; seguida por la solución de azúcar al 50% y sal al 10.8% ambas no presentaron diferencias significativas; siendo la de menor efecto la solución de azúcar al 30%.

Los efectos de la deshidratación osmótica de tomate sobre la ganancia de sólidos utilizando soluciones de sal (10.8 y 18%) y sacarosa (30 y 50%) se presentan en la figura 02. Así mismo se presenta los valores predichos de ganancia de sólidos de acuerdo a la ecuación de Peleg.

Figura 2

Modelamiento de la Ganancia de Sólidos (%) en tomate por deshidratación osmótica basado en la Ecuación de Peleg



Se puede observar que conforme el tiempo de contacto tomate: solución osmótica la ganancia de sólidos aumenta; así mismo se determinó que conforme aumenta la concentración del soluto osmótico (sal o sacarosa) aumenta la velocidad de ganancia de peso y la ganancia final de sólidos también aumenta.

Los parámetros de modelamiento de la ganancia de sólidos usando la ecuación de Peleg se presentan en la Tabla 3. En ella podemos observar que la ecuación de Peleg presenta un alto nivel de ajuste a los datos experimentales ($R^2 \geq 0.989$)

Tabla 3

Constantes de Peleg y coeficiente de correlación en el modelamiento de la ganancia de sólidos por la ecuación de Peleg

Valores	Sal 10.8%	Sal 18%	Azúcar 30%	Azúcar 50%
k_1	0.801608	0.443618	0.635518	0.342836
k_2	0.032935	0.047179	0.098484	0.079706
R^2	0.997466	0.998934	0.989458	0.999042

Los valores de %ganancia de sólidos (%SG) por deshidratación osmótica en sal y azúcar se presentan en la Tabla 04.

Tabla 4

Ganancia de sólidos en tomate osmodeshidratado por 5 horas con diferentes soluciones osmóticas. ($p > 0.05$)

Soluciones	Conteo	Medias	Grupos homogéneos
Azúcar 30%	6	4.43833	X
Sal 10.8%	6	5.21833	X
Azúcar 50%	6	6.74000	X
Sal 18%	6	7.33333	X

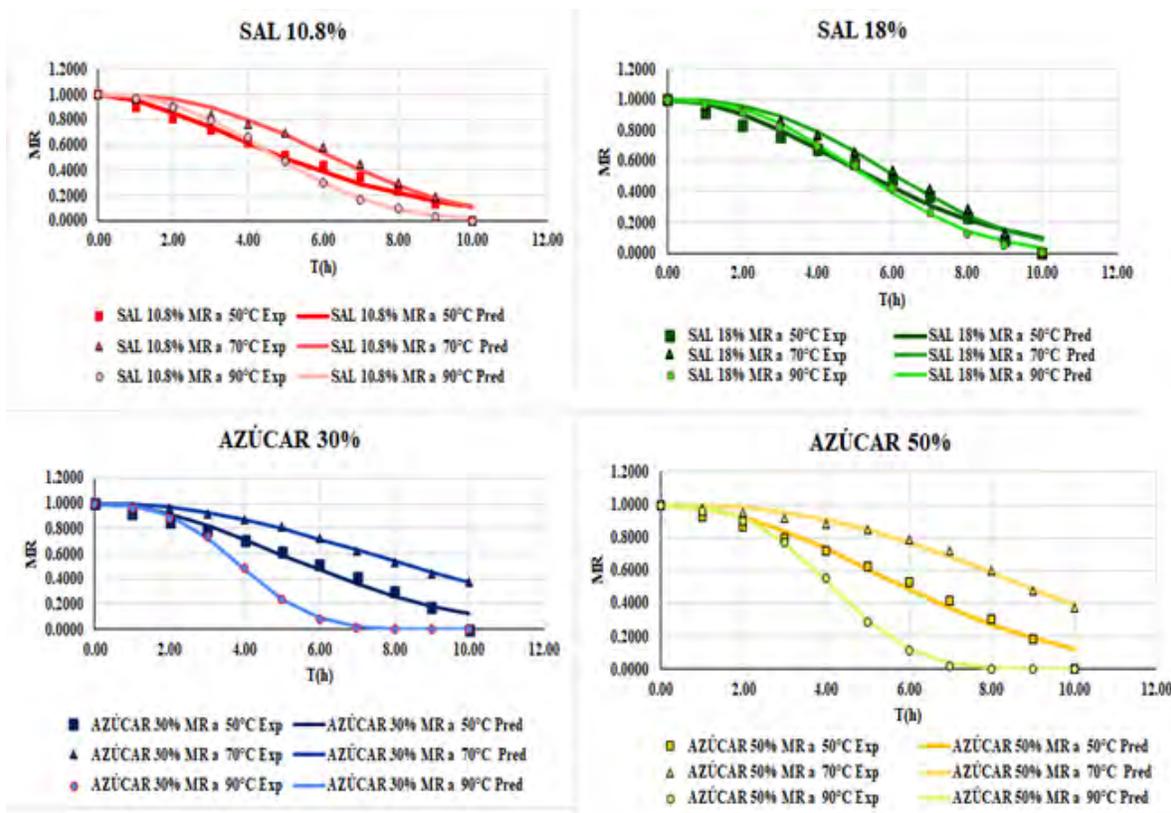
Se determinó que con 5 horas de deshidratación osmótica la solución de sal al 18% logró la mayor ganancia de sólidos; seguida por la solución de azúcar al 50% y sal al 10.8% ambas sin presentar diferencias significativas entre sí; siendo la de menor ganancia de sólidos la solución de azúcar al 30%.

Deshidratación convectiva de tomate osmodeshidratado

La variación de la relación de humedad (MR) durante el proceso de secado convectivo a 50, 70 y 90 °C de tomate osmodeshidratado con diferentes soluciones se presenta en la figura 03. Se presentan así mismo los valores de MR predichos por la ecuación de Page.

Figura 3

Modelamiento del secado convectivo de tomate osmodeshidratados basado en la ecuación de Page



Se puede observar que conforme aumenta la temperatura y el tiempo de secado; la pérdida de humedad es mayor. Todas las curvas de secado presentan una forma sigmoidea similar, aunque diferentes en el grado de la pendiente y en el tiempo de llegar a la humedad de equilibrio. En términos generales los tomates osmodeshidratados previamente en soluciones osmóticas con sacarosa presentaron bajadas de humedad más pronunciadas en tomates osmodeshidratados a mayores temperaturas. En este caso, los tomates a temperaturas de 90°C presentan un descenso más pronunciado entre 7 h para los tomates osmodeshidratados en azúcar 30 y 50% y en el caso de sal 10.8 y 18% necesitaron de 9 horas.

Los parámetros de modelamiento de secado convectivo usando la ecuación de Page se presentan en la Tabla 5. En ella podemos observar que la ecuación de Page presenta un alto nivel de ajuste a los datos experimentales, determinaron las constantes de secado (k y n), coeficiente de correlación (R^2), obteniéndose $R^2 \geq 0.985$.

Tabla 5

Constantes de secado, coeficiente de correlación. Modelo Page.

Ctes de Secado	k	n	R^2	k	N	R^2	k	N	R^2	k	n	R^2
T(°C)	sal 10.8%			sal 18%			azúcar 30%			azúcar 50%		
50	0.050	1.642	0.988	0.024	1.981	0.986	0.022	1.977	0.985	0.017	2.079	0.985
70	0.007	2.534	0.990	0.007	2.558	0.994	0.007	2.146	0.999	0.003	2.508	0.994
90	0.015	2.454	0.999	0.011	2.498	0.998	0.013	2.893	0.999	0.009	3.024	0.999

DISCUSIÓN

Se obtuvieron parámetros fisicoquímicos iniciales en los tomates antes de la DO: %H_{inicial}: 94.506±0.68, acidez titulable (A.T._{prom} = 0.029 ±0.01), sólidos solubles totales (S.S.T. = 3.505±0.003), pasada la DO y el secado convectivo se obtuvo mitades de tomates osmodeshidratados con 7.01 %H y 5.310 % de ganancia de sólidos (%SG).

Durante las cinco horas de DO, el contenido de soluto de las zonas internas aumentó con el tiempo del proceso, debido a difusión desde las capas externas, similar a lo reportado por Goula & Lazarides, (2012), que deshidrataron de 3 a 4 horas, por lo tanto, la penetración de solutos en el producto durante los períodos osmóticos utilizados solo es importante para la zona subsuperficial, estos autores sostienen además que el modelo logarítmico permite una descripción general de la cinética de secado, sin embargo, para nuestra investigación usando la ecuación de Peleg, también puede describir como se comportará el fenómeno de transferencia de masa en la deshidratación osmótica.

Se obtuvo pérdidas de agua (%WL) de 4.70%, 6.42%, 7.45% y 8.98% en las soluciones de azúcar 30%, sal 10.8%, azúcar 50% y finalmente sal 18%, respectivamente, la solución de NaCl al 18% p/v fue la que logró mayor pérdida de agua en las mitades del tomate variedad *Río Grande*, coincidiendo en lo

reportado por Li *et al.*, (2012), que sostiene que los valores de la WL en tomates Cherry tratados con ultrasonido a 150 W durante 30 min, aumentaron a medida que aumentó la concentración de cloruro de sodio, lo que puede atribuirse al aumento de la presión osmótica con el aumento de la concentración de sal.

Para el proceso de secado convectivo, las temperaturas usadas fueron 50, 70 y 90 °C, éstas establecieron diferentes comportamientos en sus curvas de secado, coincidiendo con lo reportado por Lewicki *et al.*, (2002), en su estudio emplearon cuartos de tomate, con diferentes soluciones osmóticas como pretratamiento al secado convectivo, se usaron dos variedades de tomates: Lima y revermun, la temperatura de secado fue 60 °C con variaciones de tiempo de 7 a 10 h, la variedad de tomate *Lima* se secó con placenta y semillas, secándose mucho más rápido que la v. *Revermun*, la diferencia parece deberse a diferentes preparaciones de soluciones osmóticas como pretratamiento de los tomates para secar, para nuestro caso se secaron mitades de tomates v. *Río grande*. Las diferencias en la estructura y el contenido de agua de la placenta y el pericarpio se reflejaron en la cinética y la repetibilidad del proceso de secado.

CONCLUSIONES

El modelo experimental de Peleg para el fenómeno de transferencia de masa de las mitades de tomates en las soluciones osmóticas de sal y sacarosa arrojan un coeficiente de relación alto, de igual forma, para modelar el secado convectivo aplicando Page en tomates osmodeshidratados tuvo $R^2 \geq 0.985$.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Andritsos, N., Dalampakis, P., & Kolios, N. (2003). *Use of geothermal energy for tomato drying*. Oregon Institute of Technology Geo-Heat Center Bulletin.. <https://bit.ly/4cuROk9>
- Aquino de los Santos C., Luján Hidalgo, M., Ventura Canseco., & Abud Archila, M.. (2023). Deshidratación osmótica de Carica papaya var. Maradol: Transferencia de masa y análisis sensorial. ESPACIO I+D: *Innovación Más Desarrollo*, 11(31). <https://doi.org/10.31644/IMASD.31.2022.a08>
- Barat, J.M. 1998. *Desarrollo de un modelo de la deshidratación osmótica como operación básica*. [Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Valencia]. <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/1834/tesisUPV2195.pdf?sequence=1>
- De Icaza Tena, G.. (2018). *La Vida Útil de los Alimentos y sus Principales Reacciones*. Innovación Editorial Lagares de México, S.A. de C.V. https://books.google.com.pe/books?id=llN1DwAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false

- Della-Rocca, P., & Mascheroni, R. (2011). *Deshidratación de papas por métodos combinados de secado: deshidratación osmótica, secado por microondas y convección con aire caliente*. Universidad Tecnológica Nacional, 9(2), 1–16. <http://hdl.handle.net/11336/111733>
- Firdous, N., Khan, M. R., Butt, M. S., Ali, M., Asim Shabbir, M., Din, A., Hussain, A., Siddeeg, A., & Manzoor, M. F. (2022). *Effect of Aloe vera gel-based edible coating on microbiological safety and quality of tomato*. *CyTA: Journal of Food*, 20(1), 355–365. <https://doi.org/10.1080/19476337.2022.2136760>
- Ganjloo, A., Rahman, R. A., Bakar, J., Osman, A., & Bimakr, M. (2012). *Kinetics Modeling of Mass Transfer Using Peleg's Equation During Osmotic Dehydration of Seedless Guava (Psidium guajava L.): Effect of Process Parameters*. *Food and Bioprocess Technology*, 5(6), 2151–2159. <https://doi.org/10.1007/s11947-011-0546-2>
- Ganjloo, A., Rahman, R. A., Bakar, J., Osman, A., & Bimakr, M. (2012). *Kinetics Modeling of Mass Transfer Using Peleg's Equation During Osmotic Dehydration of Seedless Guava (Psidium guajava L.): Effect of Process Parameters*. *Food and Bioprocess Technology*, 5(6), 2151–2159. <https://doi.org/10.1007/s11947-011-0546-2>
- García-Paternina, M., Alvis-Bermudez, A., & García-Mogollon, C. A. (2015). *Evaluación de los Pretratamientos de Deshidratación Osmótica y Microondas en la Obtención de Hojuelas de Mango (Tommy Atkins)*. *Información Tecnológica*, 26(5), 63–70. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642015000500009>
- Gaware, T. J., Sutar, N., & Thorat, B. N. (2010). *Drying of tomato using different methods: Comparison of dehydration and rehydration kinetics*. *Drying Technology*, 28(5), 651–658. <https://doi.org/10.1080/07373931003788759>
- Goula, A. M., & Lazarides, H. N. (2012). *Modeling of mass and heat transfer during combined processes of osmotic dehydration and freezing (Osmo-Dehydro-Freezing)*. *Chemical Engineering Science*, 82, 52–61. <https://doi.org/10.1016/j.ces.2012.07.023>
- Hawkes J., Flink J., (1978); *Osmotic concentration of fruits slices prior to freeze dehydration*. *J. Food Proc. Preserv.* 2, pags. 265-284 <https://doi.org/10.1111/j.1745-4549.1978.tb00562.x>
- Hernández, P. L. B., Delgado, A. C. B., Sánchez, S. A. M., Castillo, H. S. V., & Porras, D. P. N. (2011). *Efecto del recubrimiento a base de almidón de yuca modificado sobre la maduración del tomate*. *Revista Lasallista de Investigación*, 8(2), 96–103. <https://www.redalyc.org/pdf/695/69522607011.pdf>

- Lazarides, H.N.; Katsanidis, E. & Nickolaidis, A. (1995). *Mass transfer kinetics during osmotic preconcentration aiming at minimal solid uptake*. *Revista de Ingeniería de Alimentos*. 25(2), pags. 151-166. [https://doi.org/10.1016/0260-8774\(94\)00006-U](https://doi.org/10.1016/0260-8774(94)00006-U)
- Lewicki, P. P., Le, H. V., & Pomara N Nska-Łazuka, W. (2002). *Effect of pre-treatment on convective drying of tomatoes*. 1–6. www.elsevier.com/locate/jfoodeng
- Li, H., Zhao, C., Guo, Y., An, K., Ding, S., & Wang, Z. (2012). *Mass transfer evaluation of ultrasonic osmotic dehydration of cherry tomatoes in sucrose and salt solutions*. *International Journal of Food Science and Technology*, 47(5), 954–960. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2011.02927.x>
- Mariem, S., & Mabrouk, S. (2014). *Drying Characteristics of Tomato Slices and Mathematical Modeling*. *International Journal of Energy Engineering*, 2014(2A), 17–24. <https://doi.org/10.5923/j.ijee.201401.03>
- Milacatl, V.; (2003); Cambios en atributos sensoriales y degradación de ácido ascórbico en función de la temperatura en puré y néctar de mango. [Tesis de grado. Universidad de las Américas. Puebla, México]. http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lia/milacatl_h_v/
- Hayes, W.A., Smith, P.G., Morris A.E., (2010). *The production and quality of tomato concentrates*. *Crit.Rev. Food Sci. Nutr.*, 7, pags. 537-564. <https://doi.org/10.1080/10408699891274309>
- Nowicka, P., Wojdyło, A., Lech, K., & Figiel, A. (2015). *Influence of Osmodehydration Pretreatment and Combined Drying Method on the Bioactive Potential of Sour Cherry Fruits*. *Food and Bioprocess Technology*, 8(4), 824–836. <https://doi.org/10.1007/s11947-014-1447-y>
- Neumann, L. (2021). *Tópicos En Microbiología E Inocuidad De Los Alimentos*. RIL editores. <https://www.digitaliapublishing.com/a/113096/topicos-en-microbiologia-e-inocuidad-de-los-alimentos>
- Obajemihi, O. I., Esua, O. J., Cheng, J. H., & Sun, D. W. (2023). *Effects of pretreatments using plasma functionalized water, osmodehydration and their combination on hot air drying efficiency and quality of tomato (Solanum lycopersicum L.) slices*. *Food Chemistry*, 406(November 2022), 134995. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.134995>
- Petrotos, K. B., & Lazarides, H. N. (2001). *Osmotic concentration of liquid foods*. *Journal of Food Engineering*, 49(23)(201–206), 1–6. [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(00\)00222-3](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(00)00222-3)
- Pinzon, M. I., Villa, C. C., & Nieto, J. A. (2011). *Cambios de color y perfil aromático en soluciones osmóticas usadas en deshidratación osmótica de tomate de árbol*. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial* 9(2), 121-129. <http://hdl.handle.net/11336/190501>

- Sacchetti, G; Gianotti, A; Dalla Rosa, M.; (2001). *Sucrose-salt combined effect on mass transfer kinetics and product acceptability. Study on apple osmotic treatment. Journal of Food Engineering*, 47, 163-173. [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(00\)00206-5](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(00)00206-5)
- Suárez-Morales, J. A., Hernández-Arriola, D. G., Marín-Benítez, M. E., & Riera-González, G. (2021). *Deshidratación osmótica de la piña var. española roja para su incorporación a una leche fermentada. Ciencia y Tecnología de Los Alimentos*, 31(2), 47–52. <https://revcitecal.iiia.edu.cu/revista/index.php/RCTA/article/view/276/237>
- Villa, C. C., Nieto, J. A., & Pinzón, M. I. (2009). *Cambios composicionales y microbiológicos asociados a ciclos sucesivos de deshidratación osmótica de tomate de árbol. Biotecnología en el sector agropecuario y agroindustrial*, 7(1), 29–35. <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v7n1/v7n1a05.pdf>
- Zou, K., Teng, J., Huang, L., Dai, X., & Wei, B. (2013). *Effect of osmotic pretreatment on quality of mango chips by explosion puffing drying. Lwt*, 51(1), 253–259. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2012.11.005>



**UNIVERSIDAD
NACIONAL DE JAÉN**

 **¡Hola Revista PAKAMUROS!**

 pakamuros@unj.edu.pe

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

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