

ISSN N° 3028-9432 (En línea)

Aypate

REVISTA DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA DE LA UNF

Vol. 2 – N° 1 – Marzo 2023

Doi: 10.20906/ricay.v2i1.19

FONDO EDITORIAL



UNIVERSIDAD
NACIONAL DE
FRONTERA

Aypate

REVISTA DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA DE LA UNF

Vol. 2 - N° 1 - Marzo 2023



FONDO EDITORIAL



UNIVERSIDAD
NACIONAL DE
FRONTERA



UNIVERSIDAD
NACIONAL DE
FRONTERA

AUTORIDADES UNIVERSITARIAS

Dr. José Florentino Molero López
Presidente de la Comisión Organizadora

Dr. Baldemar Tene Farfán
Vicepresidente de Investigación de la Comisión Organizadora

Dra. María Jiménez de Benites
Vicepresidenta Académica de la Comisión Organizadora

ÍNDICE

	Pg.
1. Editorial	6
2. Artículos científicos	7
2.1. Evaluación de valor en riesgos VAR de un portafolio de inversión en criptomonedas usando RStudio, 2023. Carlos Adrián Lecarnaqué Arévalo, Yesenia Saavedra Navarro, Cristhian Nicolás Aldana Yarlequé	8 – 19
2.2. Efecto de las condiciones de acondicionamiento y almacenamiento en la calidad y vida útil del arándano (<i>Vaccinium sp.</i>) vc. Vicente Amirpasha Tirado Kulieva	20 – 26
2.3. Caracterización preliminar del estilo cerámico cultura Tallán bajo conservación preventiva Museo Arqueología e Historia Tangarará 2023. David González Espino	27 – 41
2.4. Tierra estabilizada con biopolímeros como una alternativa sostenible para abordar la crisis de la vivienda urbana de bajo costo. Luis Enrique Ortega Salinas	42 – 49
2.5. Predicción de precios de exportación del aceite y la harina de pescado, utilizando series de tiempo para el periodo 2023. Jossep Elgar Burga Farfán, Yenifer Elizabeth Aguirre Panta, Carlos Adrián Lecarnaqué Arévalo, Cristhian Nicolás Aldana Yarlequé	50 – 60
2.6. Snacks a partir de productos de mar, pseudocereales y edulcorantes naturales: una revisión. Guido Martin Gómez Zapata, Emanuel Moisés Rosas Castillo, Fermín Máximo Saavedra Cano	61 – 78
2.7. Irradiación gamma: conceptos básicos, aplicación y efectos en mango (<i>Mangifera Indica</i>) y pimientos (<i>Capsicum spp.</i>). Luis Alberto Juárez Calderón y Zaby Nahomi Palacios Núñez	79 – 95
2.8. Sensores inteligentes empleados en el mantenimiento predictivo de equipos y máquinas: una revisión sistemática de la literatura Vicente Amirpasha Tirado Kulieva, Eliam Gabriel Gonzales Arévalo, Brayan Estiven Flores Castillo, Luis Alberto Juárez Calderón, Ethell Tatiana Rivera Gutiérrez, Roberto Simón Seminario Sanz, Wilson Castro Silupú	96 – 105
2.9. Pronóstico de la producción de petróleo crudo en el Perú, 2022-2023 José Aldair Flores Juárez, Cristhian Nicolás Aldana Yarlequé	106 – 114
2.10. Impacto del cambio climático en la producción acuícola de la región Piura, 2005-2019 Rebeca Fiorella Castillo Coveñas, Cristhian Nicolás Aldana Yarlequé	115 – 144

Aypate

Revista de Investigación Científica de la UNF

Vol. 2 – N° 1 – Marzo 2023

Edición: Marzo 2023

Copyright 2023

Editado por:

Universidad Nacional de Frontera. Fondo Editorial

Av. San Hilarión N° 101 - Nuevo Sullana - Sullana, Piura, Perú

Teléfono: +51 073-518941

E-mail: udec.dgi@unf.edu.pe

www.unf.edu.pe

Depósito legal N° 2024-02282

ISSN: 3028-9432 (En línea)

Publicación trimestral

Autoridades universitarias

Dr. José Florentino Molero López : Presidente de la Comisión Organizadora

Dr. Baldemar Tene Farfán : Vicepresidente de Investigación de la Comisión Organizadora

Dra. María Jiménez de Benites : Vicepresidenta Académica de la Comisión Organizadora

Editor en jefe

Dr. Cristhian Nicolás Aldana Yarlequé

Comité Editorial Revista Aypate

Mg Jhony Alberto Gonzales Malca

Dr. Joel Rojas Acuña

Dr. Edgar Gutiérrez Gómez

Dra. Yesenia Saavedra Navarro

AYPATE, revista de Investigación Científica fue creada con RESOLUCIÓN DE COMISIÓN ORGANIZADORA N° 454-2022-UNF/CO, con fecha 08 de setiembre de 2022.

AYPATE, Tiene una periodicidad trimestral, y en ella se recogen los trabajos sobre investigación científica en el campo de las ciencias sociales, ingeniería, turismo, desarrollo sostenible, cambio climático, entre otros. Todo artículo publicado en esta revista es responsabilidad de los autores.

EDITORIAL

La Universidad Nacional de Frontera (UNF), a través de su Vicepresidencia de Investigación, Dirección de Gestión de la Investigación, la Unidad de Difusión y Edición Científica y el Fondo Editorial de la UNF, presenta y pone a disposición de la comunidad científica, académica y sociedad su segundo volumen, primer trimestre 2023 de “AYPATE” Revista de Investigación de la UNF, cuya génesis tiene el fin supremo de difundir el conocimiento a través de resultados originales, producto de investigaciones científicas que representen una contribución para el desarrollo de la ciencia y tecnología.

Nuestra diversidad cultural, la formación de profesionales en la UNF con conocimiento científico, tecnológico, humanístico y las diferentes líneas de investigación que impulsa nuestra Casa Superior de Estudios, ha permitido desarrollar un trabajo multidisciplinar e interdisciplinar con los miembros de la comunidad UNF; así como, investigadores externos invitados, donde cada uno de ellos ha contribuido a la cristalización de “Aypate” Revista de Investigación de la Universidad Nacional de Frontera; cuya denominación, tiene como finalidad resaltar y evidenciar la magnitud, importancia y puesta en valor de la cosmovisión de nuestra herencia andina en la región.

Cabe indicar que, los artículos publicados en la presente revista, han seguido un proceso riguroso de revisión por parte de investigadores nacionales e internacionales de distintas áreas del saber de reconocida trayectoria, que ha permitido lograr con éxito esta edición. Además, los diferentes temas de investigación se han abordado con un nivel significativo de complejidad y rigurosidad del método científico, partiendo de la sistematización y procesamiento de información basada en análisis documental y trabajo de campo hasta la discusión de resultados y formulación de conclusiones relacionadas a la industria alimentaria, economía, turismo, ciencias ambientales y aspectos sociales.

Finalmente, nuestra revista en sus próximos números quedará abierta no solamente para cada uno de los miembros de nuestra comunidad UNF; sino también, para todos aquellos investigadores que deseen contribuir en este espacio intelectual solidario que inicia la UNF EN EL CAMINO DE HACER CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN. De manera especial, la UNF reconoce y agradece a sus autoridades, autores, revisores, colaboradores, equipo técnico y lectores por la confianza depositada, que es para nosotros un aliciente para seguir en este arduo trabajo.

Dr. Cristhian Nicolás Aldana Yarlequé
EDITOR EN JEFE



Artículos Científicos

Evaluación de valor en riesgos VAR de un portafolio de inversión en criptomonedas usando RStudio, 2023.

Value-at-risk VAR evaluation of a cryptocurrency investment portfolio using RStudio, 2023.

Carlos Adrián Lecarnaqué Arévalo¹, Yesenia Saavedra Navarro¹, Cristhian Nicolás Aldana Yarleque¹

Instituto de Investigación en Economía y Eficiencia Productiva
Universidad Nacional de Frontera, Sullana, Piura, Perú

RESUMEN

9165 criptomonedas que registra Yahoo Finance, enfrentan dinámicas con movilidad significativa debido a eventos extremos, COVID-19, guerra Rusia-Ucrania, incertidumbre de la política monetaria mundial, colapso de la burbuja especulativa del mercado de criptomonedas, entre otros; generando que las monedas digitales estén expuestas a un mayor riesgo de mercado. Por ello, se evaluó el valor en riesgos VAR de un portafolio de inversión de 4 criptomonedas usando RStudio, a partir de una data diaria muestral de precios de mercado de las criptomonedas Bitcoin (BTC-USD), Ethereum (ETH-USD), Tether (USDT-USD) y Binance Coin (BNB-USD) de los últimos 8 años del Yahoo Finance. Se analizó dicha serie temporal histórica de los valores de mercado, rentabilidades diarias e histograma de rendimientos diarios, observando alta volatilidad para Bitcoin, Ethereum y Binance. Posteriormente, para medir el riesgo de la inversión de la cartera se aplicó el Método del Valor en Riesgo Marginal (MVAR) al 95%; dicho portafolio muestral con inversión proporcional del 25% en cada activo, arrojó un MVAR del 5.04%, evidenciando la magnitud del nivel de riesgo que el portafolio enfrenta ante esa decisión de inversión.

Palabras claves: Criptomoneda, portafolio, valor en riesgo, RStudio, activo y cotización.

ABSTRACT

9165 crypto currencies recorded by Yahoo Finance, face dynamics with significant mobility due to extreme events, COVID-19, Russia-Ukraine war, global monetary policy uncertainty, collapse of the speculative bubble of the crypto currency market, among others; generating those digital currencies are exposed to greater market risk. Therefore, the value at risk VAR of an investment portfolio of 4 crypto currencies was evaluated using RStudio, based on a daily sample data of market prices of the crypto currencies Bitcoin (BTC-USD), Ethereum (ETH-USD), Tether (USDT-USD) and Binance Coin (BNB-USD) for the last 8 years from Yahoo Finance. The historical time series of market values, daily returns and histogram of daily returns were analysed, observing high volatility for Bitcoin, Ethereum and Binance. Subsequently, to measure the risk of the portfolio investment, the Marginal Value at Risk (MVAR) method was applied at 95%; this sample portfolio with a proportional investment of 25% in each asset, yielded an MVAR of 5.04%, showing the magnitude of the level of risk that the portfolio faces in the face of this investment decision.

Keywords: Cryptocurrency; portfolio; value at risk; RStudio, asset and price.

¹Ingeniero Economista, Universidad Nacional de Frontera, Instituto de Investigación en Economía y Eficiencia Productiva

Línea de investigación: Economía, finanzas, eficiencia productiva, calidad y optimización
<https://orcid.org/0000-0002-9150-185X> EMAIL: 2014101039@unf.edu.pe

1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, se conoce que las monedas virtuales difieren en varios aspectos de las monedas tradicionales. Por ello, la tendencia del interés actual respecto a las criptomonedas entre los inversores de la mediana y grandes corporaciones es creciente y significativa. Asimismo, la génesis de las criptomonedas se encuentra relacionada a la creación del Bitcoin (2008) por un desarrollador conocido por el seudónimo de Satoshi Nakamoto (Wright, 2018). Bitcoin, estaba prediseñada a facilitar las transacciones entre pares y tenía como fin principal descentralizar el sistema financiero, y volverlo mucho más ágil y dinámico para todo el mundo. Su inserción en el mercado internacional logró estimular el desarrollo de otras criptomonedas, comúnmente conocidas como "Altcoins", que buscan abordar varias limitaciones inherentes a Bitcoin, como la velocidad de transacción, la viabilidad y la funcionalidad. A pesar de esto, a la fecha, Bitcoin (BTC) todavía tiene la capitalización de mercado más grande a nivel mundial, seguido por Ethereum (ETH), Tether (USDT), Binance (BNB) entre otras.

Se conoce que, las monedas digitales (conocidas también como criptomonedas o cryptocurrency en inglés) poseen un alto nivel de riesgo en el mercado de divisas (forex market), pero durante el intervalo de tiempo del presente estudio, se ha podido evidenciar un mayor grado de riesgo por el comportamiento mostrado en los cuadros históricos. Por otro lado, particularmente, los activos financieros digitales como Bitcoin, Ethereum y Litecoin han resultado ser muy volátiles y mutuamente dependientes durante el periodo estudiado, (Özdemir, 2022) lo que se traduce en la necesidad de estudiar las interacciones de una moneda frente a otra u otras, pues la evidencia señala la existencia de fuerzas entre sí; dado que, cualquier tipo de perturbación en un mercado conlleva a los inversores a actuar en la misma dirección respecto al portafolio de inversiones.

Además, se puede afirmar que, unos activos impactan más sobre otros, como es el caso de Litecoin, mostrando el mayor impacto sobre Bitcoin; así como, la situación de que cada criptomoneda se ve significativamente afectada si se produce un evento de turbulencia o especulación entre los demás participantes del mercado (Waltz et al. 2022).

Cabe precisar que, la pandemia COVID-19 ha generado un impacto marginal en la economía del mundo, significando ello una caída del mercado en las cotizaciones y alta movilidad de fondos y generando que los inversionistas privados orienten su atención y mayor preocupación por acontecimientos disruptivos y de macrotendencia global. El mercado de criptomonedas presenta un mayor nivel de riesgo debido a la emergencia mundial de la COVID-19 afectando el comportamiento de los activos financieros digitales (Vojtko & Cisar, 2020).

Esto generaría que, las monedas digitales estén expuestas a un mayor riesgo de mercado, conllevando ello a determinar estrategias que permitan mitigar el impacto de las dinámicas que afectan su comportamiento; además de conocer herramientas para disminuir el riesgo en cada uno de los portafolios de inversiones. Por otro lado, existe evidencia que la capitalización de mercado del BTC alcanzó su punto máximo de USD 1,28 billones el 9 de noviembre de 2021, la cual fue aproximadamente 10 veces mayor que su valor el 31 de marzo de 2020 (USD 117,15 mil millones).

Feng et al. (2018) enfatizan que la mayor diferencia entre las criptomonedas y los activos tradicionales es la descentralización, el anonimato de los activos y las transacciones que utilizan la tecnología blockchain (Berentsen & Schärer, 2018). Adicionalmente, es importante considerar que las monedas digitales tienen un alto grado de importancia y pretenden convertirse en el futuro de las monedas en circulación mundial (Wright, CS Bitcoin, 2008). Sin embargo, los diferentes estudios han relevado que las criptomonedas se tratan mejor como activos especulativos o activos

de cobertura en lugar de un medio de intercambio debido a su dinámica y volatilidad (Baur, Hong et al., 2018).

Por lo anteriormente expuesto, se tiene que la dinámica del mercado de las criptomonedas exige una mayor atención; así como, la necesidad de incrementar la precisión en la evaluación de valor en riesgos VAR de un portafolio de inversión; siendo necesario evaluar el valor de riesgo VAR con datos históricos de Yahoo Finance en el marco de un horizonte temporal de análisis (2014-2023) en el cual el mercado de criptomonedas experimentó una gran afluencia y movilidad de fondos de los inversores; toda vez que, al ser las criptomonedas activos digitales no regulados, no cumplen en su totalidad funciones tales como las del dinero o medio de cambio o unidad de cuenta o reserva de valor, lo cual conlleva a una creciente preocupación en relación a los factores y riesgos especulativos que explicarían la alta volatilidad de sus valores de mercado, afectando a los poseedores de dichas criptomonedas ante una decisión no adecuada de inversión.

2. MÉTODOS Y MATERIALES

El presente estudio utilizó datos de Yahoo Finance, correspondiente a precios de mercado de las criptomonedas (Bitcoin USD, Ethereum USD, Tether USD y BNB USD) teniendo en cuenta los inicios de creación de dichas criptomonedas e inserción o participación financiera en el mercado. A partir de ello, se trabajó con una base de datos diarios para la criptomoneda Bitcoin desde 17-09-2014 hasta 21-03-2023; luego, con respecto a Ethereum, Tether y Binance, su periodo de análisis fue desde el 09-11-2017 hasta el 21-03-2023.

Asimismo, para el procesamiento de datos se utilizó el software de lenguaje de programación RStudio, con el fin de analizar la información histórica y determinar el valor en riesgo en cada activo financiero digital y para el portafolio en su conjunto, que luego de instalar los “packages” y “library” en RStudio se procedió a descargar los precios históricos de los activos financieros digitales para el procesamiento de estos mismos.

Posterior a la descarga de precios o valores de mercado se procedió a graficar los datos históricos de cada activo financiero digital, mostrando el comportamiento histórico de dichos activos mediante series temporales.

Posteriormente a la descarga de los precios históricos se procedió a calcular los retornos o rentabilidades diarias para cada activo financiero digital, para luego asignar nuevo nombre a las variables con los retornos o rentabilidad diarias y graficar en un histograma para proceder al análisis estadístico.

Finalmente, se realizó el estudio del valor de riesgo (VaR) y el valor marginal en riesgo (MVaR) del portafolio al 95% de nivel de confianza por cada activo financiero digital.

3. RESULTADOS Y DISCUSIONES

3.1. Evaluación histórica de precios de los activos financieros digitales

A) Bitcoin USD/BTC-USD

Bitcoin (BTC) es la primera moneda digital o criptodivisa en aparecer en el mercado, usada y distribuida de forma electrónica en línea, siendo también una red descentralizada peer-to-peer (de igual-a-igual).

El precio del Bitcoin en marzo de 2023 estaba alrededor de los 27 285.27 USD, habiendo bajado un 49% en un solo día. Cabe indicar que, estas transacciones que involucra los movimientos financieros del bitcoin se realizan directamente entre los participantes, iguales e independientes de la red, no siendo necesario los intermediarios ni permisos o solicitud de operaciones

específicas; es decir, los pagos en línea son asegurados por algoritmos criptográficos y bajo un sistema de “Blockchain”, siendo estos son enviados directamente de un lado a otro, sin necesidad de la intervención de una entidad financiera.

Ninguna institución o persona en especial controla su emisión, gasto o reserva (coinmarketcap, 2023). Sin embargo, la limitación del software restringe el suministro total de dichas criptomonedas, siendo la producción de cada Bitcoin de forma digital y la misma está elaborada siguiendo una política de emisión y circulación controlada en la que sólo pueden existir 21 millones de unidades (coinmarketcap, 2023).

El BTC muestra un comportamiento constante para el periodo 2014-2017, con un valor de mercado muy por debajo de los 10 mil dólares. Tal es así que, por aquellas fechas el BTC comenzó a aparecer en medios tradicionales y su popularidad fue creciendo a tal nivel que a finales del 2017 el activo llegó a costar más de 17 mil dólares.

Posterior a ello, a inicios del 2018 y finales del 2020 el activo digital osciló en términos relativos por encima y por debajo de los 10 mil dólares con mínimos impactos. Asimismo, a finales del 2020 el Bitcoin atravesó un ciclo más de euforia llegando en abril del 2021 a costar más de 58 mil dólares, para luego disminuir hasta llegar a un valor de mercado de 32 mil dólares en julio del mismo año.

Sin embargo, para los siguientes días y meses la moneda digital empezó a subir su cotización llegando a situarse en más de 65 mil dólares en noviembre del 2021 significando ello la cotización más alta en su existencia como activo financiero digital, tal como se muestra en la figura 1.

Figura 1.

Comportamiento histórico Bitcoin desde el 17-09-2014 al 21-03-2023



B) Ethereum USD/ ETH-USD

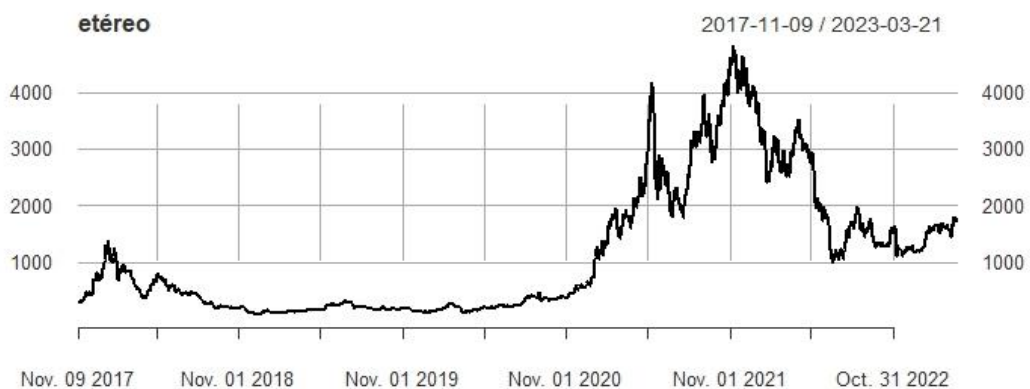
Ethereum es un sistema blockchain de código abierto descentralizado que incluye su propia moneda digital, Ether. ETH funciona como plataforma para otras numerosas criptomonedas, así como para la ejecución de contratos inteligentes descentralizados (coinmarketcap, 2023).

La criptomoneda Ethereum en sus reportes históricos presenta a mediados del 2018 un valor de 1200 dólares, para luego disminuir por debajo de los 1000 dólares hasta finales del 2020. Posterior a ello, de manera progresiva ha incrementado su valor, llegando a cotizarse en 4600 dólares en noviembre del 2021, para luego descender a niveles estimados de 1700 dólares.

En la figura 2, se puede observar los puntos máximos y mínimos que ha llegado a cotizarse esta criptomoneda Ethereum durante los años de estudio (2017-2023), un estimado entre 310 y 4600 USD.

Figura 2.

Comportamiento histórico Ethereum desde el 09-11-2017 al 21-03-2023

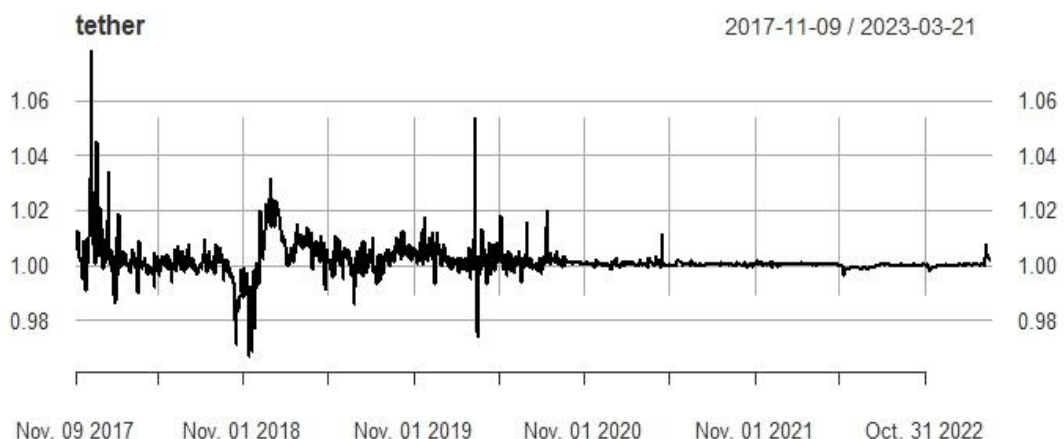


C) Tether USD/ USDT-USD

Tether (USDT) es una moneda digital con un valor destinado a ser un reflejo del dólar estadounidense. Puesta en el mercado en el año 2014, la intención principal de Tether es la de crear una criptomoneda estable que pueda tener el uso de dólares digitales. Los Tethers están anclados al precio del dólar estadounidense (coinmarketcap, 2023).

Figura 3.

Comportamiento histórico Tether, periodo de estudio del 09-11-2017 al 21-03-2023



Se podría afirmar que, Tether a comparación del Bitcoin y Ethereum aún se encuentra en una etapa de madurez incipiente en el mercado de criptomonedas, durante el periodo analizado 2017-2023; pero, la razón de su comportamiento obedece a su estructura orgánica como activo financiero, es decir; se trata de un activo estable o anclado que se pretende tener como una alternativa financiera, denominada uso de dólares digitales.

En la figura 3, se puede observar mayor movilidad en su cotización durante el periodo noviembre 2017 hasta noviembre 2020, para luego permanecer estable hasta la fecha con una cotización de 1 dólar a valor de mercado. Los puntos máximos y mínimos que ha llegado a cotizarse Tether durante los años de estudio (2017-2023), entre 0.96 y 1.08 dólares a precio de mercado.

D) BNB USD/ BNB-USD

BNB se denomina al acrónimo de Binance, una criptomoneda desarrollada por la plataforma de intercambio de criptomonedas Binance. Binance Coin, en sus inicios fue lanzada al mercado en 2017 como una moneda digital nativa de la plataforma Binance, y es un medio de pago para tarifas de transacciones en la plataforma (coinmarketcap, 2023).

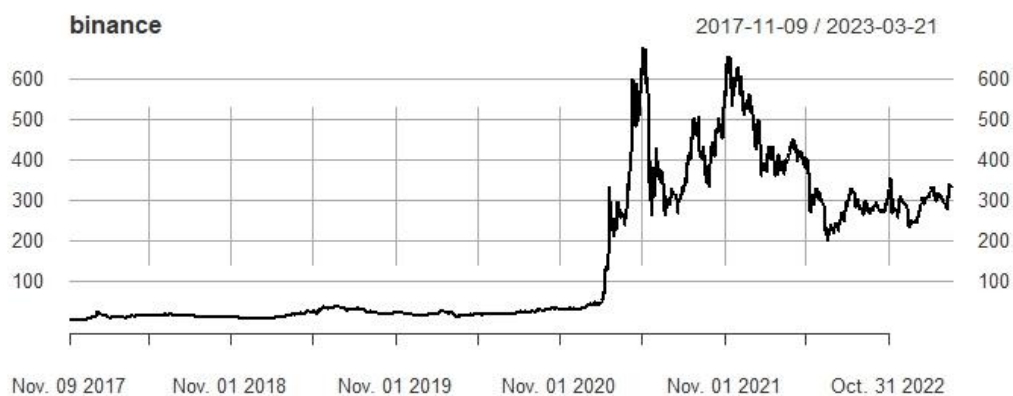
Desde su lanzamiento en el año 2017 hasta finales de 2020 el activo financiero se ha mantenido por debajo de los 100 dólares, luego a inicios del año 2021 se ha registrado un alza llegando a cotizarse por encima de los 600 dólares.

Dicho comportamiento, significa que dicho activo tiene dos ciclos, el primero con un precio por debajo de 100 dólares, con una movilidad insignificante, frente al ciclo dos, donde hay presencia de movilidad que puede ser explicada por eventos como una agresiva movilidad de fondos, mayor volatilidad, incertidumbres de políticas económicas y el estallido de burbujas financieras en escenarios especulativos entre otros acontecimientos disruptivos o macrotendencias globales que podrían presentarse en cualquier momento.

Cabe precisar que, en el periodo del año 2020 en adelante, la criptomoneda muestra un mejor comportamiento en cuanto a su actividad y cotización en el mercado internacional, tal como se muestra en la figura 4.

Figura 4.

Comportamiento histórico BNB-Binance, periodo del 09-11-2017 al 21-03-2023



3.2. Análisis de los retornos o rentabilidades diarias para cada activo financiero digital en el periodo de estudio desde 2014-2023 según su participación en el mercado financiero.

Teniendo en cuenta que, en la actualidad la dinámica de la volatilidad de las criptomonedas es muy cambiante, es importante comparar el rendimiento; así como la predicción de dicha volatilidad; toda vez que, este análisis según criterios económicos, permite medir el riesgo que se encuentra incorporado en determinado activo; siendo ello, una de las problemáticas más relevantes en la evaluación de la economía financiera (Maciel, 2020).

Asimismo, de acuerdo a lo que afirma Novales (2013), la agregación temporal de rentabilidades de tipo continuo, no necesitan tener el supuesto de independencia temporal de las mismas; sin embargo, las sensibilidades de los diferentes tipos de interés que puedan existir de los factores de riesgo establecidos, se miden en determinados puntos básicos, siendo necesario considerar el trabajo con variaciones diarias de los tipos de interés, los cuales permitan interpretar volatilidades en puntos básicos, no como porcentajes. En tal sentido, de lo anteriormente expuesto, se tiene que, normalmente un inversionista compara la rentabilidad que obtiene con respecto al riesgo que asume, el cual toma una línea base inicial que luego irá reduciendo, asociada ello a la volatilidad de dicha cartera (Novales, 2013).

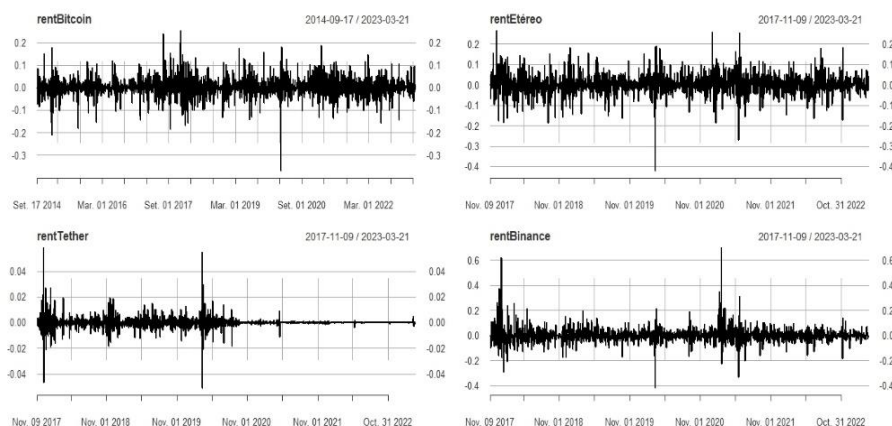
Como se ilustra en la figura 5, se pueden observar los rendimientos diarios de cada criptomoneda en estudio en la presente investigación; es decir, el comportamiento histórico de la rentabilidad del Bitcoin USD, Ethereum USD, Tether USD y BNB USD desde el 17-09-14 al 21-03-2023. En general, los resultados para obtener los rendimientos diarios se calcularon utilizando el método logarítmico. Adicionalmente a ello, se observa un alto grado de volatilidad durante el periodo de estudio para la criptomoneda Bitcoin, Ethereum y Binance, y se traduce en activos financieros digitales de mayor exposición al mercado de criptomonedas.

Además, cabe mencionar que, la criptomoneda Tether que coincide con su naturaleza en el mercado; se trata de un activo estable o anclado que se pretende tener como el uso de dólares digitales.

Si el inversionista, tiene varias carteras en distintos mercados, esperará tener rentabilidad más elevada en aquel mercado que le reporta un mayor riesgo. Sin embargo, estará interesado de conocer, si la rentabilidad en exceso que obtiene en el mercado de mayor riesgo, respecto de la que podría obtener en el mercado de menor riesgo, le compensa suficientemente (Novales, 2013).

Figura 5.

Comportamiento histórico de la rentabilidad del Bitcoin USD, Ethereum USD, Tether USD y BNB USD, en el periodo de estudio desde 2014-2023 según su participación en el mercado financiero.



3.3. Histograma de rendimientos diarios de los activos digitales financieros en el periodo de estudio desde 2014-2023 según su participación en el mercado financiero.

Debido a la volatilidad de los valores de mercado de los activos digitales financieros, se tiene que, la distribución de los rendimientos de los activos en los mercados financieros no es gaussiana, presentando diferentes tipos de colas pesadas y no simétricas (Acosta-Rueda, 2020).

Como se conoce los riesgos de mercado y liquidez asociados a los activos digitales son muy diversos y de alta relevancia, los cuales no cuentan con regulaciones por parte de entes rectores financieros que brinden un respaldo a los usuarios o proveedores de dichos activos, conllevando ello, a observar una significativa dispersión de los rendimientos de mercado con mayor frecuencia de valores extremos tanto positivos como negativos, siendo mayor la volatilidad de los rendimientos de mercado de los criptoactivos que de los activos de renta variable, evidenciándose una correlación creciente desde el año 2020 (Banco de España, 2022).

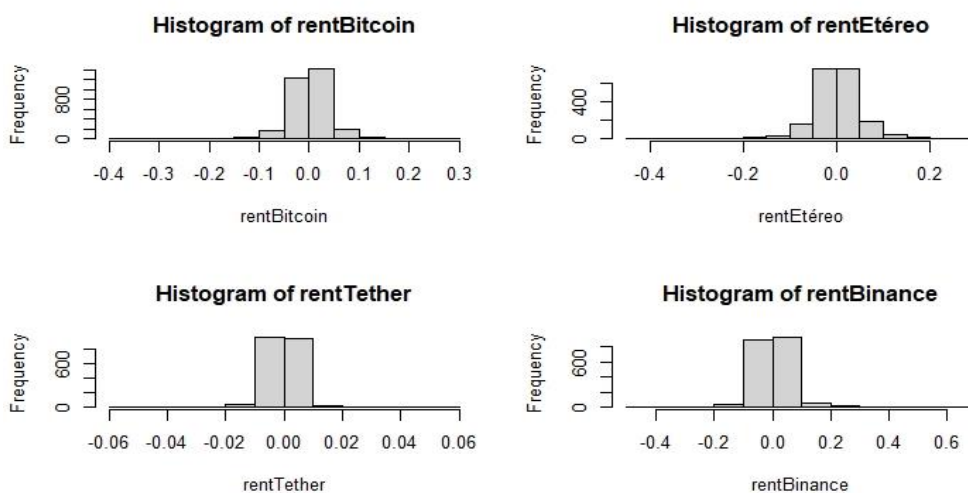
Por tal motivo, la figura 6 muestra el histograma como parte de la información estadística del rendimiento diario de cada criptomoneda en el periodo de estudio desde 2014-2023 según su participación en el mercado financiero. La forma del retorno de cada criptomoneda está descrita por las estadísticas de Jarque-Bera, lo que indica que los datos no se distribuyen normalmente. Asimismo, los rendimientos diarios mostrados en los histogramas se calcularon utilizando el método logarítmico, que se muestra en la ecuación (1):

$$R_t = \ln\left(\frac{P_t}{P_{t-1}}\right) \quad (1)$$

donde R_t es el rendimiento diario, t es el tiempo, P_t el precio del activo financiero en el momento t ; y P_{t-1} es el precio del activo financiero en el momento $t - 1$.

Figura 6.

Histograma de rendimientos diarios de los activos digitales financieros en el periodo de estudio desde 2014-2023 según su participación en el mercado financiero



3.4. Cálculo del valor en riesgo (VAR) de cada activo financiero digital.

El cálculo de dicho valor en riesgo más conocido como VaR, se efectuó mediante la programación en RStudio, relacionada con el proceso para determinar el VaR con un nivel de confianza del 95%, siendo la síntesis del algoritmo como sigue:

```
#calcular el valor de riesgo al 5% de cada activo
VaR (rentBitcoin, p=0.95, method = "historical")
VaR (rentEtéreo, p=0.95, method = "historical")
VaR (rentTether, p=0.95, method = "historical")
VaR (rentBinance, p=0.95, method = "historical")
```

Tabla 1.*Cálculo del valor en riesgo (VaR) de cada activo financiero digital*

Valor en riesgo (VaR) de cada activo financiero digital			
Financiamiento Asset	Market	Risk	Porcentaje (%)
BTC-USD	Bitcoin USD	-0.05975508	-5.98%
ETH-USD	Ethereum USD	-0.07485542	-7.49%
USDT-USD	Tether USD	-0.00509045	-0.51%
BNB-USD	BNB USD	-0.07494646	-7.49%

Nivel de confianza *p=0.95

Tal como se puede observar en la tabla 1, el VaR de cada activo financiero digital muestra su nivel de riesgo, evidenciando en este caso que la criptomoneda Tether USD es la que compromete un menor riesgo con 0.51%, siendo la de menor exposición al riesgo en su inversión, seguido por BTC-USD con 5.98%, ETH-USD y BNB-USD con 7.49%. Esto obedece al grado de estabilidad que han presentado las criptomonedas durante el periodo de estudio.

3.5. Cálculo del Valor en Riesgo Marginal (MVAR)

Cuando un inversionista desea medir que efecto tiene un cambio de posición sobre el riesgo de la cartera, los VAR de cada activo financiero calculado de manera individual no son suficientes. Para ello, es necesario considerar a dicho activo de forma integral dentro de un portafolio o cartera, lo cual permita a partir del valor marginal en riesgo (MVAR) determinar el efecto de los pequeños cambios en una parte del portafolio al VAR del portafolio.

En consecuencia, el método de Valor en Riesgo Marginal (MVAR) es la cantidad de riesgo adicional que genera una nueva inversión en un portafolio. El VAR Marginal sirve para tomar decisiones y comprender el cambio de riesgo en un portafolio debido a la sustracción o adición de una inversión en particular.

Una inversión puede tener un alto Valor en Riesgo. Sin embargo, si se correlaciona negativamente con el portafolio, puede aportar una cantidad de riesgo relativamente mucho menor al portafolio que su riesgo independiente. En base a este MVAR y las pérdidas potenciales que se calculan, el mismo reducirá la exposición en el portafolio. Por lo tanto, para calcular el MVAR es necesario asumir un caso hipotético:

- A) Se pretende invertir una "n" cantidad de dinero en 4 activos financieros (mismos activos de estudio "BTC-USD", "ETH-USD", "USDT-USD", "BNB-USD"), en los cuales se ha optado por distribuir el capital de manera proporcional en los 4 activos financieros: *c (0.25, 0.25, 0.25, 0.25)
- B) Posteriormente a ello, se procede a calcular el valor en riesgo marginal MVAR, siendo la programación utilizada para determinar el MVAR con un nivel de confianza del 95% tal como sigue y cuyo resultado se muestra en la tabla 2:

#calculo del valor en riesgo (VAR) del portafolio en su conjunto 5%

VaR(retornos, weights = peso, portfolio_method = "component", p=0.95)

*Cabe precisar que los pesos considerados para esta programación fueron: c (0.25, 0.25, 0.25, 0.25)

Tabla 2.

Valor de MVaR para los 4 activos financieros digitales con *c

Financia l Asset	Market	pct_contrib_MVa R	MVaR
BTC- USD	Bitcoin USD	0.30298974	0.0504003
ETH- USD	Ethereu m USD	0.41487862	5
USDT- USD	Tether USD	-0.00347755	
BNB- USD	BNB USD	0.28560918	

Nota: *c (0.25, 0.25, 0.25, 0.25)

Tal como se puede observar en la tabla 2, el MVAR calculado para el portafolio de los 4 activos financieros digitales estudiados en la presente investigación arrojó un nivel de exposición al riesgo integral del portafolio del 0.0504. El valor en riesgo marginal del portafolio resultó 0.0504 o 5.04%, que significa la cantidad de riesgo adicional que genera una nueva inversión para dicho portafolio. Dicho indicador sirve para comprender el cambio de riesgo de un portafolio financiero a razón de un cambio (inyección o salida) de una inversión en activos financieros; es decir, una inversión puede tener un Valor en Riesgo alto. Sin embargo, si se correlaciona negativamente con la cartera, puede contribuir a este portafolio con un nivel de riesgo relativamente mucho menor que su riesgo de forma independiente.

C) De lo anteriormente trabajado, se puede conocer el nivel de riesgo individual sometido a una decisión igualmente proporcional en los activos del portafolio, procediendo luego a asignar un mejor peso ya conociendo el nivel de riesgo integral del portafolio, el cual permitiría disminuir el MVAR. Por lo tanto, se calcula una nueva simulación del MVAR tomando en cuenta el valor y una relación inversamente proporcional del peso a asignar con el riesgo de cada activo financiero digital obtenido de la información en la tabla 1. Para ello, la programación utilizada para determinar dicho MVAR con un nivel de confiabilidad del 95% fue:

#cálculo del valor en riesgo (VAR) del portafolio en su conjunto 5%

VaR (retornos, weights = peso, portfolio_method = "component", p=0.95)

*Cabe precisar que los pesos considerados para esta programación fueron: c (0.20, 0.05, 0.70, 0.05)

Tabla 3.

Valor de MVAR para los 4 activos financieros digitales con $c(0.20, 0.05, 0.70, 0.05)$

Financial Asset	Market	pct_contrib_MVAR	MVAR
BTC-USD	Bitcoin USD	0.63307010	0.01872546
ETH-USD	Ethereum USD	0.20580032	
USDT-USD	Tether USD	-0.01524673	
BNB-USD	BNB USD	0.17637631	

Tal es así que, con un nuevo peso de proporcionalidad asignado $c(0.20, 0.05, 0.70, 0.05)$ cómo se evidencia en la tabla 3, el valor en riesgo marginal del portafolio resultó 0.01872546 o 1.087%, que significa una menor cantidad de riesgo adicional que generaría esta simulación de una nueva inversión para dicho portafolio, a comparación con la tabla 2.

4. CONCLUSIONES

La medición del riesgo de la inversión mediante el Método del Valor en Riesgo Marginal (MVAR) al 95% de nivel de confianza; evidenció la magnitud del nivel de riesgo que el portafolio en su conjunto enfrenta ante esa decisión de inversión. Sin embargo, conociendo los niveles de riesgo de cada activo de manera independiente se efectuó una asignación del capital inversamente proporcional al grado del riesgo de cada activo lo cual va proporcionando simulaciones de un MVAR que, a partir de información histórica permite disminuir el riesgo de inversión mediante la distribución de pesos en cada activo financiero, a partir del grado de exposición financiera de cada criptomoneda.

Asimismo, los riesgos de mercado de las diferentes monedas digitales, también llamadas criptomonedas han aumentado considerablemente en los últimos años a causa de eventos como una agresiva movilidad de fondos, mayor volatilidad, incertidumbres de política económica y el estallido de burbujas financieras en escenarios especulativos. Una evaluación de valor en riesgos VAR de un portafolio de inversión en criptomonedas es eficiente para la toma de decisiones en el momento necesario, pues te ayuda a discriminar los activos financieros digitales en relación a su nivel de riesgo y con ello invertir proporcionalmente a los niveles de riesgos en cada activo, como también conociendo el comportamiento marginal de un portafolio que permite analizar el nivel de riesgo frente a decisiones por parte de inversionistas. Esto ayuda a anticipar al inversor y evitar pérdidas en el mercado de criptomonedas durante momentos de tensiones financieras, tensiones políticas, especulaciones, entre otros.

Desde el análisis teórico, los resultados indican que la evaluación de valor en riesgos VAR de un portafolio de inversión en criptomonedas es apropiado para la medición del riesgo de criptomonedas en el mercado. Finalmente, se desarrollarán investigaciones relacionadas a Valor en Riesgo (VAR) basados en modelos de la familia ARMA-GARCH, que permitirá robustecer y puede proporcionar estimaciones del VAR con mayor nivel de precisión; siendo necesario investigar el comportamiento de las criptomonedas de manera constante e integral, relacionando dicho comportamiento frente a otros activos financieros, no necesariamente criptomonedas, pues la evidencia empírica muestra una relación entre los actores del mercado en conjunto.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta-Rueda, K. J. (2020). Valoración de opciones financieras call en contexto de no normalidad, bajo la aproximación de Edgeworth. *odeon*, 19, 99-152. doi: <https://doi.org/10.18601/17941113.n19.05>
- Banco de España. (2022). Informe de estabilidad financiera – Primavera 2022 – Especial Criptoactivos.
- Baur, D., Hong, K., & Leec, A. (2018). Bitcoin: ¿Medio de cambio o activos especulativos? *Journal of International Financial Markets, Institutions and Money*. doi: <https://doi.org/10.1016/j.intfin.2017.12.004>
- Berentsen, A., & Schäry, F. (2018). Una breve introducción al mundo de las criptomonedas. *Economic Research*. (21 de marzo de 2023). coinmarketcap. Obtenido de <https://coinmarketcap.com/es/coins/>
- Maciel L. (2020). Cryptocurrencies value-at-risk and expected shortfall: Do regime-switching volatility models improve forecasting? *Int J Fin Econ*; 1–16. <https://doi.org/10.1002/ijfe.2043>
- Novalés, A. (2013). Midiendo el riesgo en mercados financieros. Departamento de Economía cuantitativa, Universidad Complutense, Madrid, España.
- Özdemir, O. (2022). Cue the volatility spillover in the cryptocurrency markets during the COVID 19 pandemic: evidence from DCC GARCH and wavelet analysis. Open Access. doi: <https://doi.org/10.1186/s40854-021-00319-0>
- Vojtko, R., & Cisar, D. (2020). Bitcoin en tiempos de crisis financiera. Obtenido de https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3557575
- Waltz, M., Kumur Singh, A., & Okhrin, O. (2022). Vulnerability-CoVaR: investigating the crypto-market. *Quantitative Finance*. doi: <https://doi.org/10.1080/14697688.2022.2063166>
- Wright, CS Bitcoin. (2008). Un sistema de efectivo electrónico de igual a igual. 2008. Obtenido de https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3440802

Efecto de las condiciones de acondicionamiento y almacenamiento en la calidad y vida útil del arándano (*Vaccinium sp.*)

Effect of conditioning and storage conditions on the quality and shelf life of blueberry (*Vaccinium sp.*)

Vicente Amirpasha Tirado Kulieva¹

Universidad Nacional de Frontera, Sullana, Piura, Perú.

RESUMEN

El arándano (*Vaccinium sp.*) es considerado un buen alimento debido a sus compuestos antioxidantes que le confieren múltiples beneficios a la salud del consumidor. Sin embargo, es susceptible al deterioro, por lo que se propone evaluar el efecto de las condiciones de acondicionamiento y almacenamiento en la calidad y vida útil del arándano. El método consiste en comparar una muestra a distintas temperaturas (1 °C, 13,1 °C y ambiental) y envases (polietileno, polipropileno y sin empaque), además de un experimento adicional para comparar el efecto del corte ½ en la fruta. Los resultados muestran que las mejores condiciones de almacenamiento para mantener la calidad del arándano según el olor, color, sabor, textura y presencia de moho fueron a 13,1°C y utilizando polietileno. Las diferencias fueron significativas ($p < 0,05$) frente a otros tratamientos, logrando prolongar la vida útil de la fruta hasta 21 días. Respecto a la fruta cortada, esta tuvo la menor vida útil (4 días) debido al daño mecánico al que fue expuesto y por su exposición al medio ambiente.

Palabras clave: Arándano, calidad, temperatura de almacenamiento, empaque alimentario, vida útil.

ABSTRACT

The blueberry (*Vaccinium sp.*) is considered a good food due to its antioxidant compounds that confer multiple health benefits to the consumer. However, it is susceptible to spoilage, so it is proposed to evaluate the effect of conditioning and storage conditions on the quality and shelf life of blueberries. The method consists of comparing a sample at different temperatures (1 °C, 13.1 °C and ambient) and packaging (polyethylene, polypropylene and no packaging), plus an additional experiment to compare the effect of ½ cut on the fruit. The results show that the best storage conditions to maintain blueberry quality according to odor, color, flavor, texture and presence of mold were at 13.1°C and using polyethylene. The differences were significant ($p < 0.05$) compared to other treatments, extending the shelf life of the fruit up to 21 days. The cut fruit had the shortest shelf life (4 days) due to mechanical damage and exposure to the environment.

Key words: Blueberry, quality, storage temperature, food packaging, shelf life.

¹ Ingeniero de Industrias Alimentarias, Universidad Nacional de Frontera – UNF. Sullana, Piura, Perú.

Línea de Investigación: Análisis de la calidad de productos agroalimentarios
<https://orcid.org/0000-0001-8534-9153> EMAIL: 2017103066@unf.edu.pe

1. INTRODUCCIÓN

Las frutas y verduras frescas son muy susceptibles a la insuficiencia y al deterioro debido a su alta humedad con contenido de nutrientes y agua que puede llegar a conformar entre un 80 a 90 % de su peso total. De acuerdo con Sharma et al. (2013), su degradación se ve reflejada en el daño microbiológico, fisicoquímico como el ablandamiento de su textura y oxidación, y organolépticos como cambios indeseables en el color, sabor y olor. En la actualidad, se ha incrementado el consumo de dichos alimentos cortados, es decir, mínimamente procesados, dado que son productos naturales que se adaptan al estilo cambiante y exigente de los consumidores, con la desventaja de que tienen un riesgo de deterioro elevado (Yousuf et al., 2018).

El arándano (*Vaccinium sp.*) es una de las frutas más consumidas debido a su valor nutricional y bioactivo al contener principalmente vitaminas y antioxidantes como compuestos fenólicos representados por las antocianinas (Zsivanovits y Iliev, 2019). El alto contenido de antioxidantes proporciona diversos beneficios a la salud (Wang et al., 2019) como actividad anticancerígena, antiinflamatoria, prevención de enfermedades cardiovasculares, entre otros (Pérez-Lavalle et al., 2020). A pesar de sus múltiples cualidades, el arándano tiene una vida útil muy corta por la rápida pérdida de agua y el crecimiento de moho, especialmente por la presencia de *Botrytis cinerea* (Abbey et al., 2019).

Para conservar la calidad del arándano determinada por procesos fisiológicos como la respiración, transpiración y síntesis de etileno (Paniagua et al., 2014), es indispensable tener un buen manejo de las condiciones de almacenamiento (Pérez-Lavalle et al., 2020). Se recomienda niveles elevados de humedad (90 a 95 %) y temperaturas bajas (0 °C) (Concha-Meyer et al., 2015) siendo los métodos más empleados, la refrigeración y/o congelación (Wang et al., 2019). Para mejorar la conservación es necesario optimizar la técnica con el empleo de envases alimentarios como el uso de material de polietileno (PE) y polipropileno (PP) (Zhou et al., 2014). En concordancia con Yousuf et al. (2020), mencionan que también debe considerarse algunas operaciones de acondicionamiento como el correcto lavado y desinfección del arándano para reducir la carga microbiana.

En relación con los antecedentes se debe plantear estrategias de conservación más comunes en el sector de las frutas y verduras frescas y más aún si están cortadas son el uso de atmósferas modificadas y controladas (Concha-Meyer et al., 2015; Paniagua et al., 2014), recubrimientos comestibles, empaques activos e inteligentes (Yousuf et al., 2018) y como acondicionamiento, la desinfección con ozono, ácido peracético, dióxido de cloro, peróxido de hidrógeno y ácidos orgánicos (Pérez-Lavalle et al., 2020), entre otras técnicas. En vista de que hay escasa información acerca de la conservación de frutas considerando únicamente distintas temperaturas y envases durante el almacenamiento, es que también se propone en esta investigación, evaluar la influencia de distintas temperaturas de almacenamiento, además del efecto de envases de PE y PP en la calidad y vida útil del arándano. Adicionalmente, se determinará su influencia a partir del análisis del grado de deterioro en comparación con una muestra extra cortada.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Procesamiento del arándano

Los arándanos con madurez óptima fueron obtenidos del mercado de Sullana, provincia de Sullana-Perú, a finales del 2020. Siguiendo lo sugerido por Zhou et al. (2014), se seleccionaron frutas sin daño mecánico, color y tamaño desigual. Se lavaron y desinfectaron por inmersión durante 1 min en una solución de NaClO (comercial al 4 %) a 50 ppm (Pérez-Lavalle et al., 2020) y se dejaron secar totalmente para reducir el deterioro

por la presencia del agua (Sharma et al., 2013). El arándano acondicionado se envasó y almacenó siguiendo el diseño factorial.

2.2. Diseño del experimento

Se realizó un diseño experimental completamente aleatorizado (DCA) donde se evaluó el efecto de la temperatura (T_1 : 1 °C, T_2 : 13,1 °C y T_3 : temperatura ambiental media de 27 °C) y el tipo de envase (E_1 : PP, E_2 : PE y E_3 : sin envase) durante el almacenamiento. Además, se ejecutó un experimento adicional con las condiciones T_3 y E_3 , pero con arándano cortado de forma transversal ($1/2$), teniendo un arreglo factorial $3^2 + 1$, es decir, de 10 corridas experimentales. Para cada tratamiento se utilizaron 20 bayas de arándano.

2.3. Análisis de datos

Para los 9 primeros experimentos se evaluaron los dos factores con sus distintos niveles, realizando diariamente un análisis sensorial (olor, color, sabor y textura) de forma aleatoria hasta que se hayan cumplido la vida útil. Para el análisis de datos se aplica el análisis de varianza (ANOVA) bifactorial con un nivel de significancia del 5 % ($p < 0,05$) para saber si alguna media es diferente y la prueba de HSD (diferencia significativa honesta) de Tukey para determinar que muestras difieren entre sí. Respecto al último experimento sobre el arándano cortado, al establecerse su vida útil, se comparó con la muestra E_3T_3 .

3. RESULTADOS Y DISCUSIONES

3.1. Efecto de la temperatura y empaque en la calidad del arándano fresco

Al inicio (día 1) los arándanos presentaron olor dulce, picante y afrutado, color negro azulado, intenso y brillante, sabor dulce con ligera acidez y textura firme. En la tabla 1 se observa que las características organolépticas se deterioraron a lo largo del almacenamiento hasta que las frutas se mostraron inodoras, negra opaca, muy ácidas y blandas.

Tabla 1.

Análisis sensorial del arándano con distinto material de envase y temperatura de almacenamiento.

Parámetro			Características organolépticas			
Temperatura	Envase	Días	Olor	Color	Sabor	Textura
T_1	E_3	14	Inodoro	Negro	Muy ácido	Blando
	E_1	15				
	E_2	17				
T_2	E_3	15	Inodoro	Negro	Muy ácido	Blando
	E_1	18				
	E_2	21				
T_3	E_3	11	Inodoro	Negro	Muy ácido	Blando
	E_1	12				
	E_2	15				

En todas las muestras hubo una notable pérdida de peso, reflejándose en el ablandamiento y más aún en T_2 y T_3 . Estos hallazgos están en consonancia con la literatura que reporta que a temperaturas más elevadas se aumenta el deterioro del arándano (Nunes et al., 2008) y el proceso de transpiración (Buitrago-Dueñas et al., 2018), repercutiendo en pérdida de agua (por consiguiente, peso) y textura (Yousuf et al., 2018). Resultados similares se mostraron en la investigación de Zsivanovits y Iliev (2019), quienes concluyeron que la deshidratación del arándano fue menor a 0 °C a comparación de 10 °C durante las 3 semanas de almacenamiento. De igual manera, Concha-Meyer et al. (2015) determinaron que durante 10 días a 4 °C, a comparación

de 12 °C, el arándano presentó menor ablandamiento al inhibir las reacciones enzimáticas y la producción de etileno.

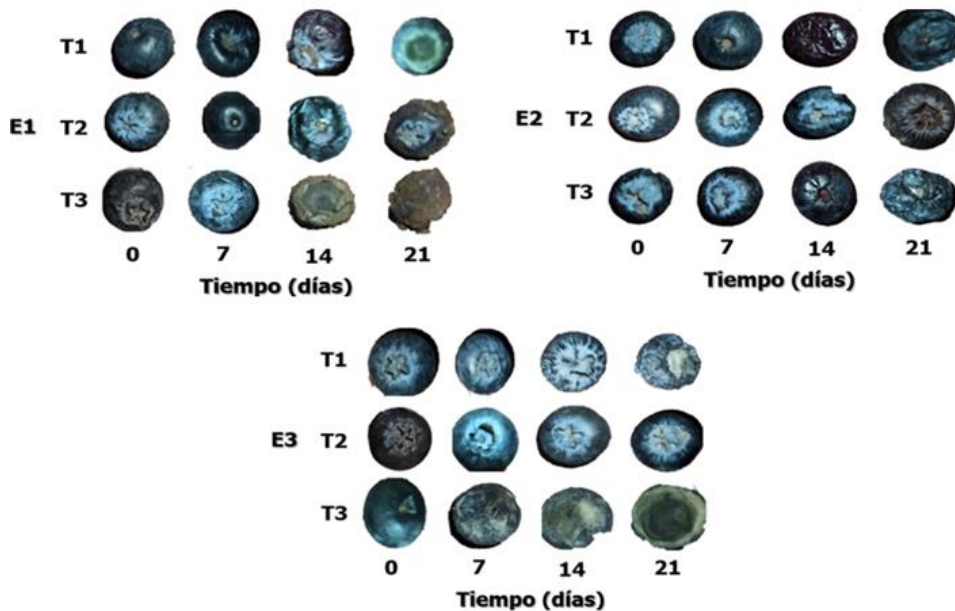
Asimismo, el color azulado brillante característico del arándano disminuyó a la par del resto de características. Esto fue debido a la degradación de las antocianinas producto de factores externos como la temperatura, tiempo e internos como la variación de ácidos orgánicos, pH y azúcar (Zsivanovits y Iliev, 2019). La decoloración también pudo haber sido por el estrés oxidativo que afectó a los compuestos fenólicos, durante el almacenamiento (Zhou et al., 2014).

En el sabor, la disminución del dulzor se dio proporcionalmente al aumento de la acidez, además en los últimos días se tuvo un ligero sabor (y también olor) a fermentado, esto radica en el proceso fermentativo y la consecuente producción de ácidos orgánicos a partir de la degradación de azúcares (Buitrago-Dueñas et al., 2018).

Concerniente a las temperaturas, las características organolépticas fueron óptimas durante el almacenamiento a 13,1 °C (T₂), seguido de 1 °C (T₁) y a temperatura ambiental (T₃), no habiendo una relación directa. Según Zhou et al. (2014), a temperaturas bajas se generan daños por frío, un trastorno fisiológico que induce a la peroxidación lipídica, lo cual lo experimentaron en su investigación, al presenciar hasta 89 % de picaduras al almacenar arándano a 0 °C durante 60 días. Resultados similares obtuvieron Wang et al. (2019) quienes mantuvieron arándanos a 0 °C durante 60 días al retrasar la maduración, senescencia y podredumbre, pero se observó picaduras muy visibles que afectan su valor comercial.

Figura 1.

Evaluación de las muestras durante 3 semanas.



En el estudio de Nunes et al. (2008), la pérdida de peso, descomposición, ablandamiento y cambios organolépticos del arándano fue mayor a temperaturas mayores a 20 °C (hasta 20,8 % de pérdida de peso en 2 días), pero la vida útil fue menor a 0 °C y 5 °C a comparación de 10 °C y 15 °C. Con respecto al envase, un factor decisivo en la calidad y vida útil del arándano, Sharma et al. (2013) argumentan que el PE y el PP son materiales ampliamente usados en empaques alimentarios por

sus propiedades mecánicas, químicas y de barrera. En los resultados obtenidos el PE fue más eficiente debido a que tiene mayor resistencia a bajas temperaturas, mejor barrera a los gases (O₂ y CO₂), a la humedad, olores y sabores (Mangaraj et al., 2019). La menor vida útil se observó en los arándanos sin envasar por la oxidación enzimática y no enzimática inducida por la exposición directa a los microorganismos y al oxígeno.

Para una comparación uniforme independientemente del fin de la vida útil, se realizó una evaluación semanal hasta los 21 días.

En la Figura 1, se observa que hubo presencia de moho en todas las muestras (en distintas proporciones). En conformidad con el estudio de Paniagua et al. (2014), dicha podredumbre gris se dio por la presencia de *Botrytis cinerea* que les ocasionó arrugas, atrofia y ablandamiento de la superficie.

La podredumbre en las muestras mostró una particularidad, su aparición en condiciones de refrigeración, incluyendo T₁. La literatura informa que, aunque su temperatura óptima oscila entre los 20 °C (Kwon et al., 2018), también pueden desarrollarse a temperaturas más bajas, incluso a los 0 °C (Abbey et al., 2019). Esto se comprobó en el almacenamiento de arándano entre 0 y 10 °C (Paniagua et al., 2014), y entre 4 y 12 °C (Concha-Meyer et al., 2014).

3.2. Efecto de la temperatura, empaque y corte en la vida útil del arándano fresco

La vida útil se determinó siguiendo el diseño experimental planteado (Tabla 2) considerando el día en que el arándano perdió su calidad característica en términos sensoriales o por factores microbiológicos o químicos.

Tabla 2.

Diseño factorial 3² + 1

	Parámetros	Temperatura de almacenamiento		
		T ₁	T ₂	T ₃
Envase	E ₁	16	17	12
	E ₂	17	21	15
	E ₃	12	15	10
	E ₃ 1/2			4

Para el ANOVA bifactorial se omitió el valor de la vida útil del arándano cortado (4 días). Se determinó que hubo diferencia significativa (p<0,05) entre los tipos de envase y las distintas temperaturas de almacenamiento. Después de realizar la prueba de Tukey, los tratamientos que diferían entre sí fueron los tratamientos T₂ y T₃, T₂ y T₁; E₂ y E₃, E₂ y E₁. Así, se demostró que, durante el almacenamiento, el material de empaque y la temperatura tienen una alta influencia en la calidad y vida útil del arándano.

De acuerdo a lo previo, la mayor vida útil (21 días) durante el almacenamiento se logró al emplear envase de PE (E₂) y a 13,1 °C (T₂). El envase de PP (E₁) fue mejor que al no emplear envase, pero no de forma significativa (17 frente a 15 días a T₂). Similarmente, fue mejor el almacenamiento a temperatura ambiental que a 1 °C (15 y 17 días con E₂, respectivamente), aunque en esta última condición se presentaron daños por frío.

En la Figura 2 se observa diferencia fue significativa con respecto a la diferencia entre la vida útil del arándano cortado y entero, sin empaque y a temperatura ambiental.

El corte 1/2 en el arándano causó mayor impacto en su calidad y, por ende, menor vida útil. Esto se debe a que son más susceptibles por las heridas en los tejidos (Yousuf et al., 2020), las cuales son afectadas por factores internos morfológicos, fisiológicos y bioquímicos y externos como la temperatura y humedad (Yousuf et al., 2018). Principalmente, esto genera una sustancial pérdida de agua (Buitrago-Dueñas et al., 2018) y posteriormente, la pérdida de atributos como el color, sabor, firmeza y jugosidad (Soliva-Fortuny & Martín Belloso, 2003).

Figura 2.

Muestras sin envase, enteras y con corte 1/2, a temperatura ambiental.



4. CONCLUSIONES

Los distintos envases y temperaturas de almacenamiento tuvieron efectos significativos en la calidad y vida útil ($p < 0,05$) del arándano fresco debido a la barrera generada contra los factores externos y a la inhibición o retardo de las reacciones químicas y microbiológicas en la fruta, respectivamente. Se logró condiciones óptimas de una vida útil de 21 días con el empleo de PE como material de envase por sus mejores características mecánicas a comparación del PP y a 13,1 °C, evitando daños por frío, debido a temperaturas más bajas. La presencia de moho fue ligeramente inevitable en todos los tratamientos por su capacidad para propagarse en un amplio intervalo de temperaturas, pero podría controlarse a temperaturas menores a 0 °C. Por último, el corte ocasionó estrés al arándano, lo que repercutió en una disminución sustancial de la vida útil (4 días).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abbey, J.A.; Percival, D.; Abbey, L.; Asiedu, S.K.; Prithiviraj, B. & Schilder, A. (2019). Balakrishnan Prithiviraj & Annemiek Schilder (2019) Biofungicides as alternative to synthetic fungicide control of grey mould (*Botrytis cinerea*) – prospects and challenges. *Biocontrol Science and Technology*, 29(3), 207-228
- Buitrago-Dueñas, E.M.; Dussán-Sarria, S.; Rivera-Ochoa, M.C. & Ordoñez-Santos, L.E. (2018). Efecto del tipo de corte y tipo de envase en la conservación de piña [*Ananas comosus* (L.) Merr.] ‘Oro Miel’ mínimamente procesada. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 12(2), 308-318
- Concha-Meyer, A.; Eifert, J.D.; Williams, R.C.; Marcy, J.E. & Welbaum, G.E. (2015). Shelf Life Determination of Fresh Blueberries (*Vaccinium corymbosum*) Stored under Controlled Atmosphere and Ozone. *International Journal of Food Science*, 164143

- Kwon, J.H.; Cheon, M.G.; Choi, O. & Kim, J. (2018). First Report of *Botrytis cinerea* as a Postharvest Pathogen of Blueberry in Korea. *Micobiology*, 48(5), 423-426
- Mangaraj, S.; Goswami, T.K. & Mahajan, P.V. (2009). Applications of Plastic Films for Modified Atmosphere Packaging of Fruits and Vegetables: A Review. *Food Engineering Reviews*, 1, 133
- Nunes, M.C.N.; Emond, J.P. & Brech, J.K. (2008). Quality Curves for Highbush Blueberries as a Function of the Storage Temperature. *Small Fruits Review*, 3(3-4), 423-440
- Paniagua, A.C.; East, A.R. & Heyes, J.A. (2014). Interaction of temperature control deficiencies and atmosphere conditions during blueberry storage on quality outcomes. *Postharvest Biology and Technology*, 95, 50-89
- Pérez-Lavalle, L.; Carrasco, E. & Valero, A. (2020). Strategies for Microbial Decontamination of Fresh Blueberries and Derived Products. *Foods*, 9(11), 1558
- Sharma, S.R.; Bhatia, S.; Arora, S.; Mittal, T.C. & Gupta, S.K. (2013). Effect of storage conditions and packaging material on quality of anardana. *International Journal of Advances in Engineering & Technology*, 6(5), 2179-2186
- Soliva-Fortuny, R.C. & Martín Belloso, O. (2003). New advances in extending the shelflife of fresh-cut fruits: a review. *Trends in Food Science & Technology*, 14(9), 341-353
- Wang, Y.; Ji, S.; Dai, H.; Kong, X.; Hao, J.; Wang, S.; Zhou, X.; Zhao, Y.; Wei, B.; Cheng, S. & Zhou, Q. (2019). Changes in Membrane Lipid Metabolism Accompany Pitting in Blueberry During Refrigeration and Subsequent Storage at Room Temperature. *Frontiers in Plant Science*, 10, 829
- Yousuf, B.; Deshi, V.; Ozturk, B. & Siddiqui, M.W. (2020). Fresh-cut fruits and vegetables: Quality issues and safety concerns. In: Siddiqui, M.W. (Ed.), *Fresh-Cut Fruits and Vegetables* (1-15). Massachusetts: Academic Press
- Yousuf, B.; Qadri, O.S. & Srivastava, A.K. (2018). Recent developments in shelf-life extension of fresh-cut fruits and vegetables by application of different edible coatings: A review. *LWT – Food Science and Technology*, 89, 198-209
- Zhou, Q.; Ma, C.; Cheng, S.; Wei, B.; Liu, X. & Ji, S. (2014). Changes in antioxidative metabolism accompanying pitting development in stored blueberry fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 88, 88-95
- Zsivanovits, G. & Iliev, A. (2019). Quality changes of fresh grapes and blueberries during cold storage. *AIP Conference Proceedings*, 2075, 160006.

Caracterización preliminar del estilo cerámico cultura Tallán bajo conservación preventiva Museo Arqueología e Historia Tangarará 2023.

Preliminary characterization of the Tallán culture ceramic style under preventive conservation Museo Arqueología e Historia Tangarará 2023.

David González Espino¹

Instituto de Investigación para el Desarrollo del Turismo Sostenible INDEST
Universidad Nacional de Frontera, Sullana, Piura, Perú.

RESUMEN

La ciencia arqueológica permite desarrollar análisis del tipo cuantitativo y cualitativo del estilo de la cerámica prehispánica. El objetivo del trabajo fue determinar el estilo de la cerámica Tallán a partir de análisis de categorías que se presentan en las colecciones del Museo de Tangarará. El enfoque de investigación fue cuantitativo, tipo básica, y en diseño no experimental. A nivel de los resultados tenemos que la cerámica Tallán se categoriza bajo seis (06) elementos; decoración, tipología, color, pintura, manufactura y forma. En decoración de la cerámica Tallán se determina que 53.33% tiene presencia del alisado, en tipología un 42.22% tienen forma ovoide, en color tenemos un 35.56% presencia del naranja, seguido del 33.33% verde gris claro, en pintura en la superficie de la cerámica tenemos un 68.89% no tiene pintura. En manufactura tenemos 68.89% modelado, y en forma un 62.22% son botellas. Se determinó el hallazgo de relación entre las categorías de 0,486 entre decoración y manufactura, pintura y forma, manufactura y decoración, y forma y pintura en el estilo de la cerámica Tallán. Finalmente indicar a manera de conclusión que para estudiar un estilo cerámico prehispánico se deben tener categorías definidas para intervenir en la recolección de los datos y procesarlos.

Palabras claves: Estilo, Cerámica, Tallán, Color, Tipología, Forma

ABSTRACT

Archaeological science allows us to develop quantitative and qualitative analysis of the style of pre-Hispanic ceramics. The objective of the work was to determine the style of Tallán ceramics based on analysis of categories that are presented in the collections of the Tangarará Museum. The research approach was quantitative, basic, and non-experimental in design. At the level of the results we have that Tallán ceramics are categorized under six (06) elements; decoration, typology, color, painting, manufacturing and form. In decoration of Tallán ceramics it is determined that 53.33% have the presence of smoothing, in typology 42.22% have an ovoid shape, in color we have 35.56% presence of orange, followed by 33.33% light gray green, in paint on the surface of the Ceramics we have 68.89% do not have paint. In manufacturing we have 68.89% modeled, and in shape 62.22% are bottles. We determined a relationship finding between the categories of 0.486 between decoration and manufacturing, painting and form, manufacturing and decoration, and form and painting in the Tallán ceramic style. Finally, indicate in conclusion that to study a pre-Hispanic ceramic style, there must be defined categories to intervene in the collection of data and process them.

Keywords: Style, Ceramic, Carving, Color, Typology, Shape

¹ Instituto de Investigación para el Desarrollo del Turismo Sostenible INDEST, Universidad Nacional de Frontera. Email: dgonzales@unf.edu.pe ORCID 0000-0001-8564-702X.

1. INTRODUCCIÓN

La arqueología como ciencia está orientada a buscar explicaciones relacionadas a los fenómenos sociales del pasado, y en tal sentido es necesario reconstruir secuencia de hechos que permiten conocer características de los grupos humanos. La ciencia arqueológica es necesaria no solo para ordenar una secuencia de hechos ocurridos en el pasado, sino también para interpretar que fenómenos sociales intervienen en la vida de los antiguos peruanos y comprender como se puede aplicar aquellos conocimientos que pueden ser aprovechados en la actualidad.

La arqueología es una ciencia social que busca explicar aquellos fenómenos sociales que ocurrieron en el pasado a través de la investigación científica de sus materiales como cerámica entre otros (González, 2021). La identificación de los hechos del pasado obliga a establecer una serie de hipótesis, y además desarrollar una diversidad de líneas de trabajo que contribuyen a la explicación y comprensión del fenómeno de estudio (González et al., 2021).

La arqueología estudia fenómenos en razón de forma, función y procesos, todo ello relacionado a tiempo y espacio, restos arqueológicos materiales, comprensión e interpretación del fenómeno en cuestión. En cualquier escenario de una problemática del pasado la arqueología surge como un agente evaluador y sintetizador a través de los resultados de los análisis para responder aquellas hipótesis planteadas. A nivel de metodología desarrolla procedimientos en la recolección de información.

A nivel de metas y objetivos tenemos que la ciencia arqueológica se desarrolla en un conjunto de acciones que permite establecer respuestas en el análisis sobre todo a los materiales arqueológicos. Es así que la arqueología debe establecer las prioridades del trabajo en:

- a) Identificar una secuencia de carácter social y cultural de los hechos del pasado en un territorio.
- b) Identificar interacción social y cultural de los grupos humanos del pasado que habitaron un territorio.
- c) Determinar comparaciones entre sociedad y cultura de los grupos humanos del pasado que habitaron un territorio.

Reconstruir una sociedad a nivel cultural del pasado es el tema central del trabajo de la arqueología. Todo ello a través de los indicadores que se determinan mediante los objetos materiales reflejados en cerámica, metales, textiles, líticos entre otros.

Se define como cultura aquellos rasgos que son distintivos, espirituales, materiales y que son plenamente identificados en los grupos sociales. Aquí también identificamos las expresiones culturales que son resultado de la creatividad de los individuos o grupos sociales y que poseen contenido cultural (Molano, 2007).

Dentro de los materiales que identifican a una cultura del pasado esta la cerámica, ya que se considera un elemento básico de estudio para la ciencia arqueológica. Donde existe una tendencia al estudio desde el aspecto descriptivo de manera fundamental en la decoración de las piezas y sus formas. Es aquí donde se concentran los estudios en establecer respuestas sobre la edad cronológica, secuencias, tipologías, tecnologías y estilos. La cerámica es uno de los elementos culturales que tiene mayor relevancia en el estudio de las culturas del pasado, por ello se viene intensificando una diversidad de estudios relacionados a su composición, estilo y otros. Además, la prehispánica representa a través de los materiales como barro cocido diversas formas que se interpretan como uso y función, y en otros casos se determinan escenas que ocurrieron

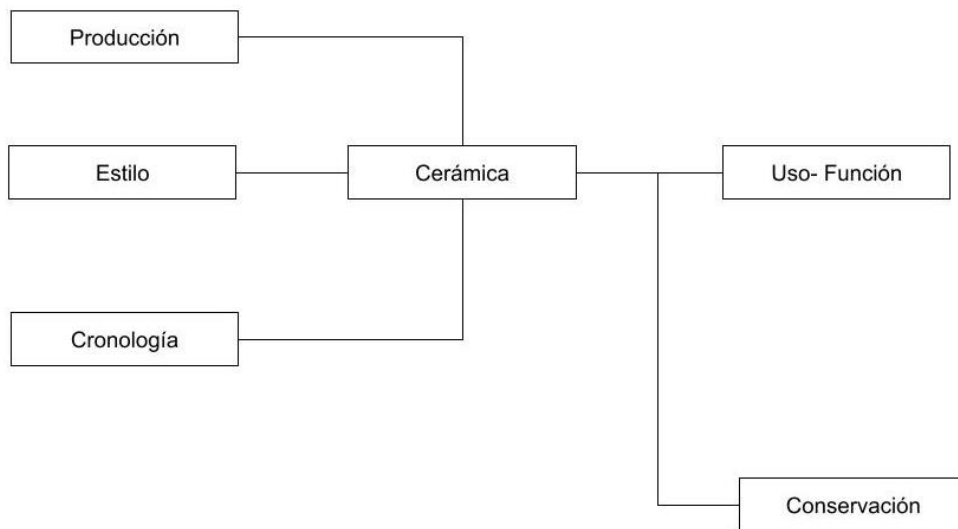
posiblemente en el pasado. Por otro lado, la composición de la cerámica es diversa de acuerdo a los materiales utilizados en el territorio. Así también existen técnicas de manufactura, formas que se van definiendo de acuerdo a la cosmovisión. Existen características que hacen propia a un formato de cerámica que con frecuencia se denomina estilo.

El estudio de la iconografía es un elemento que se estudia en relación del estilo donde se estaca los atributos que permiten identificar de forma concisa a cualquier manifestación de una cultura (Tortosa, 2006). Tenemos una diversidad de investigadores que determinan el estilo de acuerdo a su formación y trabajos, Gamble (2001) indica que el estilo intenta evaluar a nivel comparativo visual que permite realizar una clasificación general del objeto.

Las investigaciones sobre el estilo se determinan en general como una búsqueda de correspondencia que esta oculta donde debe existir un principio organizador que determine las partes como el patrón (Ravines, 2011). Con los análisis de la cerámica a nivel de composición se intenta resolver cuestiones como; origen de la arcilla que busca tener incidencia en temas relacionados a la tecnología, y procedencia de la materia prima con la que se elaboran las piezas cerámicas (García y Olaetxea, 1992). Así también el análisis de composición química está relacionado al estilo de la cerámica, es decir que existen ciertas características que hacen que dicho estilo se entienda como una palabra compleja que puede ser determina como una forma de llevar a cabo una acción. El estilo es el aspecto de una actividad y una actividad funcional que lleve actos repetitivos que generan un estilo (Renfrew y Bahn, 2013).

Figura 1.

Formato de proceso analítico de material arqueológico cerámico.



Para estudiar un estilo es necesario conocer corrientes filosóficas como idealismo en la comprensión de este elemento utilizado con frecuencia en la arqueología sobre todo en la clasificación de los materiales, así como iconografía hechos que se asocian a las dataciones cronológicas relativas (Briones, 1999, p.26). El estilo es un conjunto de rasgos que determinan características identificables de manera plena a un objeto que fue construido por una cultura. En la ciencia arqueológica es importante determinar dimensiones o categorías que permitan estudiar el estilo de una cultura del pasado (González, 2018, p.327)

La utilización del análisis de estilo como herramienta para análisis ayuda en la identificación de los atributos que tiene una cultura. Por ello es necesario contar una serie de estrategias y

herramientas en la identificación del estilo, y por otro lado tenemos a la seriación que es un proceso analítico que comprende la secuenciación del estilo a nivel cronológico (Menzel, 1971). En suma, tenemos que el registro arqueológico se determina por ejemplo en los materiales de roca, tecnología desde punto de vista dinámico entendiéndose al estilo como aquello que va más allá de lo material y que contiene códigos de información (Gabriel, 1997).

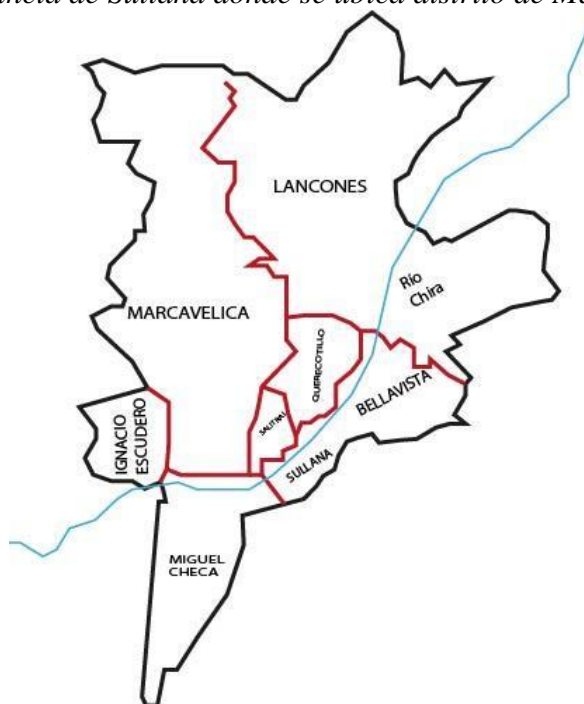
Dentro de los procesos de análisis del material arqueológico cerámico es posible determinar mediante herramientas, materiales y análisis físicos, químicos y biológicos diversos indicadores que ayuden a mejorar conocimientos sobre problemáticas, causas y efectos que tienen sobre el material. Los análisis de los materiales cerámicos están vinculados o relacionados directamente con planteamientos de hipótesis que deben ser confirmadas o cuestionadas de acuerdo a la afirmación de la investigación.

Para tener respuestas confiables a los trabajos relacionados con el análisis del material cerámico es necesario que aquellos trabajos de nivel descriptivo, comparativo, correlacional o explicativo deben estar secundados por datos que avalen hipótesis y respuestas a las problemáticas en cuestión.

La cerámica es un material arqueológico complejo a nivel de la composición química que se presenta en las diversas piezas donde se identifica arcilla y minerales hecho que de alguna manera puede generar amplitud en los estudios para determinar por ejemplo origen y procedencia de la cerámica. La cultura Tallán tiene por identificarse un estilo cerámico y una cronología que pueda ser confiable ante la diversas de estudios que indicar fechas, y estilos cerámicos que no garantizan con claridad este grupo cultural al menos en la provincia de Sullana.

Figura 2.

Mapa de la provincia de Sullana donde se ubica distrito de Marcavelica.



En la provincia de Sullana tenemos el distrito de Marcavelica que cuenta con el centro poblado de San Miguel de Tangará donde se ubican al menos once (11) sitios arqueológicos.

Destacándose el sitio arqueológico de Tangarará 3 de donde provienen diversos materiales culturales para estudio entre ellos cerámica.

Se determina como material cultural aquellos que se encuentran dentro de un contexto arqueológico y se identifican restos de cerámica, óseos, malacológicos, líticos, textiles entre otros (Gonzalez, 2020). El estudio de la cerámica permite conocer de cerca diversos comportamientos de las antiguas sociedades, y significado que se determinó para los astros, así como fenómenos naturales. En tal sentido es necesario determinar que los sellos de identidad que caracterizan a cada cultura se reflejen en el estilo de la cerámica que esta categorizado en diversos elementos.

Debemos indicar que el estilo se determina a través de la decoración de la pieza una categorización de 24 referencias con características asociadas a las diversas formas que se plasma en la cerámica prehispánica a través de los trabajos de artesanos, y de esta manera se definen patrones repetitivos que ayudan a determinar la filiación cultural de la pieza.

La cerámica es un elemento de estudio vital en la arqueología, ya que se intensifica formas de interpretación de los materiales culturales sobre la forma de vida de las antiguas sociedades (Jiménez, 2016).

La cerámica prehispánica se determinada mediante unas características propias en base a decoraciones, tipología, color, pintura, manufactura y formas, y tal vez en algunos casos intervienen otros atributos que se asocian con la oxidación que ayuda a identificar plenamente una pieza a nivel cultural. La cerámica es un elemento muy importante de la cultura ya que no solo nos permite visualizar estilos, formas de pensamiento o significado, sino que también se considera como un indicador importante para definir la cronología relativa de una cultura. Los estudios relacionados al estilo de la cerámica prehispánica son variados por ello es necesario desarrollar un corpus del conocimiento amplio para determinar todos aquellos códigos, sub categorías, y categorías que son necesarios utilizar en las investigaciones arqueológicas.

La unidad de análisis del estilo comporta una serie de condiciones, factores, variables entre otros que necesitan ser conocidos a profundidad para ser codificados y luego categorizadas, así también es necesario establecer relaciones de pertenencia.

Consideramos al estilo como una forma con carácter especial que un artista imprime a cada obra durante la época haciendo posible una identificación plena de su creación (Heras, 1992). En cuanto al estilo cultural de la cerámica establecemos una cronología relativa para identificar la cerámica Tallán en base a las pautas de J. Rowe 1946 recuperado por Del Águila (2010).

Tabla 1.

Periodificación de la cerámica Tallán a nivel datación relativa.

Edad	Periodo	Fases
1,400dc al 1,532dc	Colonial	Tallán Fase III
1,100dc al 1,400dc	Horizonte tardío	Tallán Fase II
700 dc al 1,100 dc	Periodo intermedio tardío	Tallán Fase I

Se determina que la periodificación es un componente estratégico que confluye entre la parte teórica y práctica de la investigación, y las diversas periodificaciones establecen un campo interesante de estudio (Ramón, 2005). La caracterización del estilo de la cerámica estará en razón de la decoración reflejada en aquellos atributos iconográficos que forman parte de la cerámica en la superficie de la pieza, y se complementan con; tipología, color, pintura, manufactura y

forma, todos estos elementos se reflejan en la colección del Museo de Arqueología e Historia de Tangarará. La cerámica talla es identificada por Julio Cesar Tello (1942) que se designa a una cerámica de tipo Chimú tardía ubicada entre los territorios de la costa norte que incluyen a Tumbes y Piura (Ravines, 2011). En cuanto a la cerámica Tallán resalta la decoración de falsa asa definida como; una pequeña asa sin ningún tipo de utilidad que tiene un carácter eminentemente solo decorativo en la pieza (Heras, 1992).

Tabla 2.

Modelos de cerámica Tallán recuperadas en centro poblado San Miguel de Tangarará, distrito de Marcavelica, Provincia de Sullana.

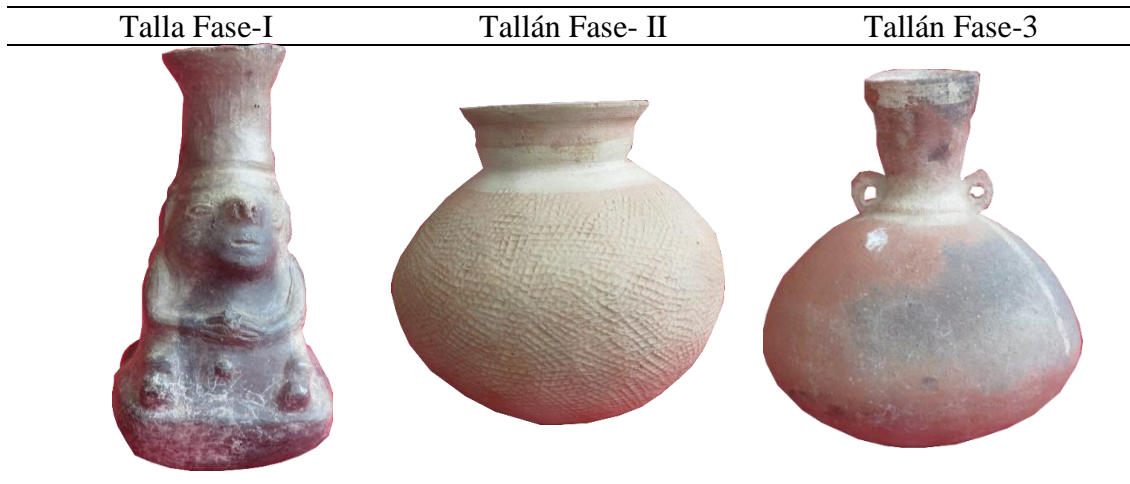
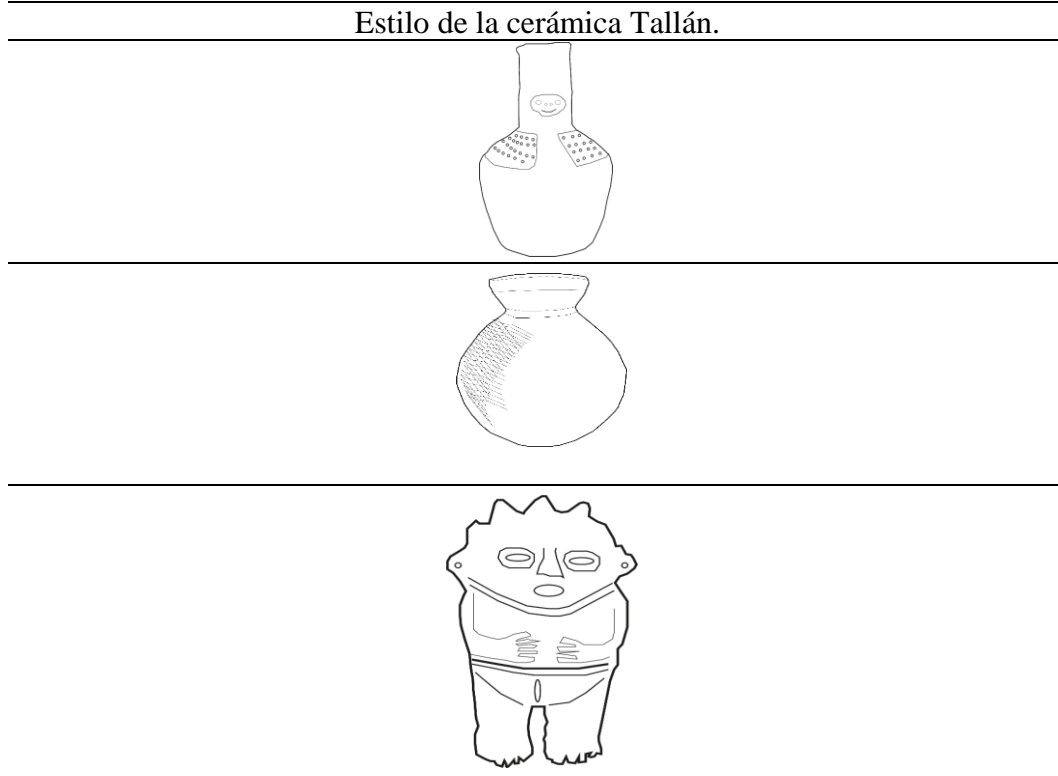


Tabla 3.

Estilo de cerámica Tallán recuperadas en centro poblado San Miguel de Tangarará, distrito de Marcavelica, Provincia de Sullana.



Las fases de la cerámica para la cultura Tallán tienen un patrón establecido en modelos propuestos que establecen cronológicas relativas destacando que tenemos etapas de crecimiento con adopción de estilos, tipologías, colores y pinturas que en algunos se parecen a la cultura Moche, desarrollan colores negros que se comparan a Sicán (Lambayeque) y cultura Chimú, y además colores verdes grises, sin embargo, rojos brillantes y color naranja todos ellos identificados en tabla Munsell. La tabla Munsell contiene todos los matices de los espectros electromagnéticos de los suelos, y dicha tabla esta integrada con una serie de hojas donde se representa un matiz específico. En cada hoja aparece una placa que diferencia colores de forma sistemática (Domínguez et al., 2012). En cuanto a los trabajos de Pérez et al (2015) sobre estilo cerámico de El Carmen en la costa sur del Perú es un estilo relacionado con la cultura Nasca, sin embargo, tiene características como líneas diagonales de color rojo y blanco con un alterne de color negro, otros colores son fondos negros o rojos y rayas rojas. Destaca la tipología de platos, cuencos, ollas y cantaros.

En cuanto al trabajo de Feely (2011) sobre estilo tecnológico cerámico en grupos formativos tinogasta tenemos que permite identificar una variedad de técnicas, y determina que el estilo es una herramienta que determina espacio y tiempo además de esquemas clasificación y tipologías. Los estilos tecnológicos se basan en la secuencia; materias primas, preparación de materiales, técnica de manufactura primaria, técnica de manufactura secundaria, técnica modificación superficial, técnica de secado y cocción, tratamiento post cocción. En cuanto a los trabajos de Vallejo (2004) sobre el estilo cerámico de la cultura Ychsma indica que la cerámica permite tener mejor distinción de las características de las piezas donde interviene pasta, acabado, y decoración.

Las características de la cerámica Tallán se desarrollan patrones repetitivos que coinciden y permiten la identificación del material cerámico entre los que se destacan un estilo alisado y falsas asas, y cerámica con tipología entre antropomorfa y ovoide, colores como naranja y negro, y pinturas como blanco, rojo pálido y en algún caso negro, así también presentaciones en modelado y moldeado.

El objetivo de la investigación es determinar el estilo de la cerámica Tallán a partir de análisis de las características que se presentan en el material que proviene del territorio de Tangará y que están en custodia del Museo de Arqueología e Historia de Tangará.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Los materiales de análisis fueron identificados a través de cuarentaicinco (45) cerámicas que forman parte de la colección del Museo de Arqueología e Historia de Tangará. Se establece una ficha de recolección de datos, y luego se procesaron los datos.

En cuanto al enfoque de investigación tenemos que es cuantitativo y del tipo básica ya que el objetivo del trabajo es generar nuevos conocimientos a partir de la teoría determinada del estilo. La investigación tipo básica se denomina como tal ya que la intención y objeto de estudio es generar nuevo conocimiento teórico a partir de las variables de estudios sin desarrollar ningún tipo de manipulación (Muntane, 2010).

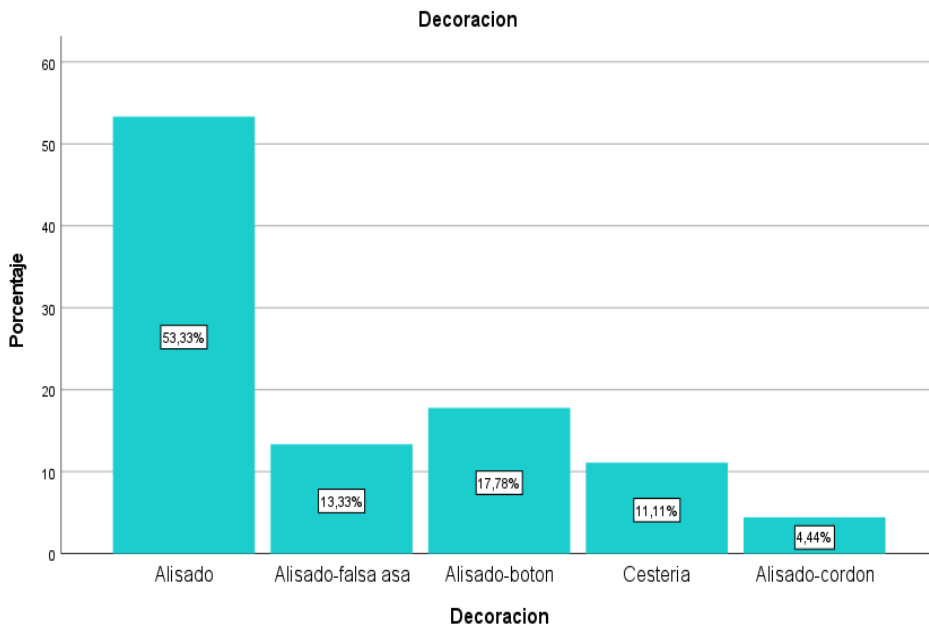
El diseño de la investigación es no experimental transeccional es decir se busca tomar una muestra en un determinado espacio y tiempo para medir la realidad que se identifica en el momento del estudio.

3. RESULTADOS

En cuanto a los resultados de campo se recolectó datos de las cerámicas que forman parte de la colección del Museo de Arqueología e Historia de Tangará, ubicado en el centro poblado San Miguel de Tangará, distrito de Marcavelica, provincia de Sullana.

Figura 4.

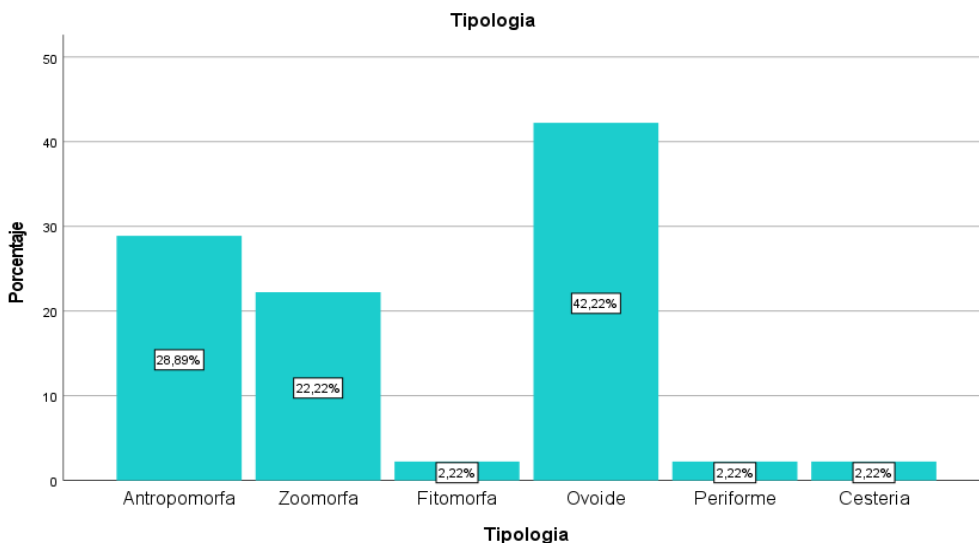
Porcentajes de la decoración en el material de la cultura Tallán en el Museo de Arqueología e Historia de Tangará.



Como se puede observar en la figura 4 tenemos un 53.33% de la decoración alisado que se determina como predominan, luego con 17.78% tenemos alisado botón, con 13.33% este alisado falsa asa, tenemos cestería con 11.11%, y con un 4.44% asilado cordón que se determinan como los elementos decorativos de la cerámica Tallán.

Figura 5.

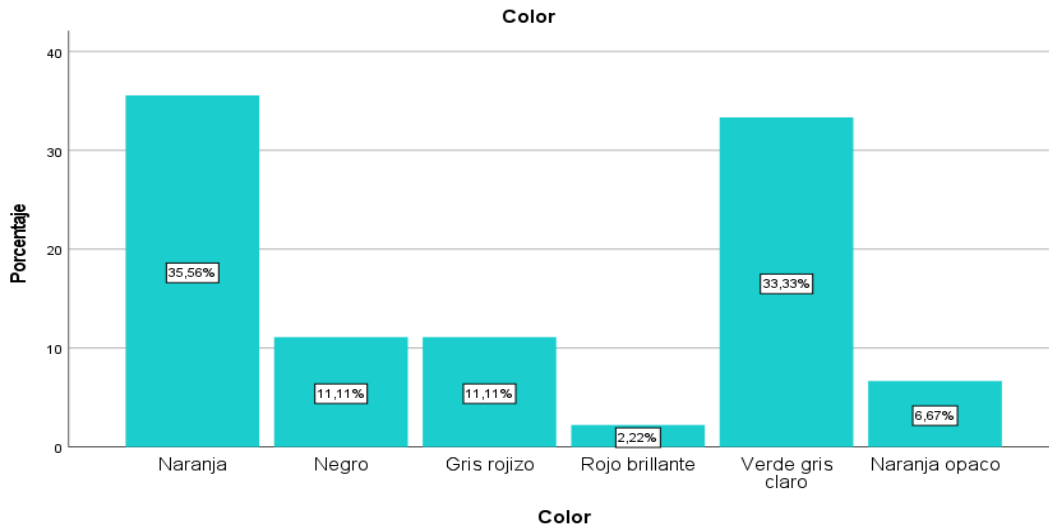
Tipología de la cerámica de la cultura Tallán en el Museo de Arqueología e Historia de Tangará.



En cuanto a la tipología se determina que un 42.22% es ovoide, mientras un 28.89% es antropomorfa, un 22.2% se representa como zoomorfa, y finalmente un 2.22% se reparte fitomorfa, periforme y cestería.

Figura 6.

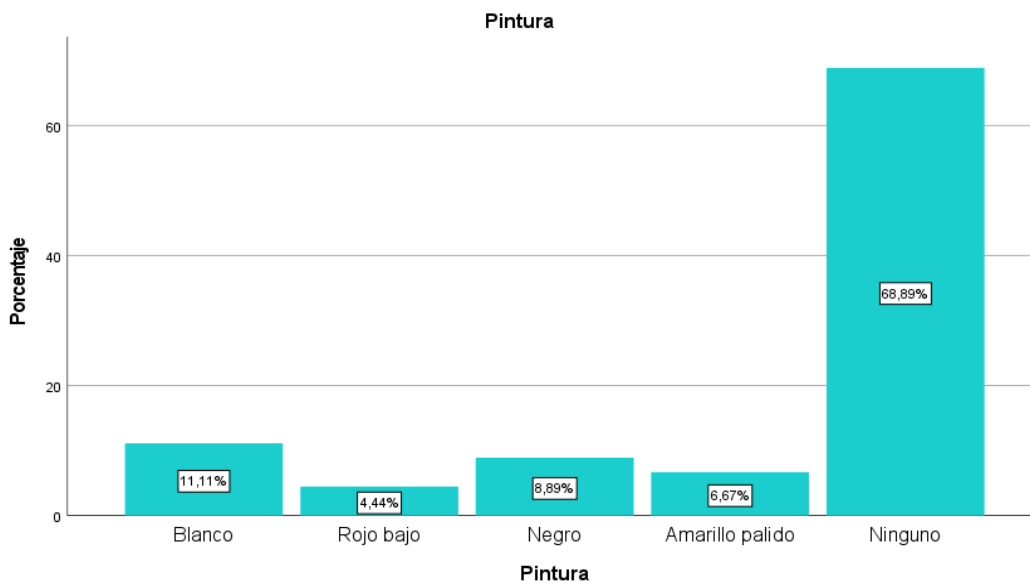
Colores en el material cerámico de la cultura Tallán en el Museo de Arqueología e Historia de Tangará.



Como se puede observar en la figura 6 tenemos que el color predominante es el naranja con 35.56%, seguido del verde gris claro con 33.33%, para color negro y gris rojizo tenemos un 11.11%, para color naranja opaco tenemos un 6.67% y un 2.22% color rojo brillante.

Figura 7.

Pintura en el material cerámico de la cultura Tallán en el Museo de Arqueología e Historia de Tangará.



Como se puede determinar en la figura 7 tenemos que del material analizado un 68.89% no presenta pintura en la superficie de la cerámica, luego un 11.11% tiene color blanco, color negro se presenta en un 8.89%, color amarillento pálido se presenta en un 6.67%, y un 4.44% tiene color rojo bajo.

Como se puede observar en el resultado de la figura 8 tenemos que a nivel de manufactura un 68.89% está diseñado bajo la técnica de modelado, y un 31.11% se encuentran desarrollados bajo el moldeado.

Figura 8.

Manufactura en el material cerámico de la cultura Tallán en el Museo de Arqueología e Historia de Tangarará.

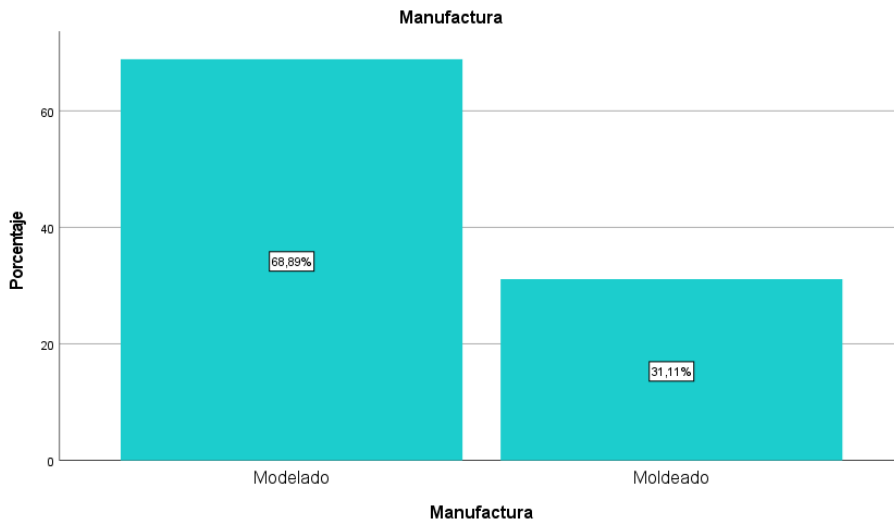
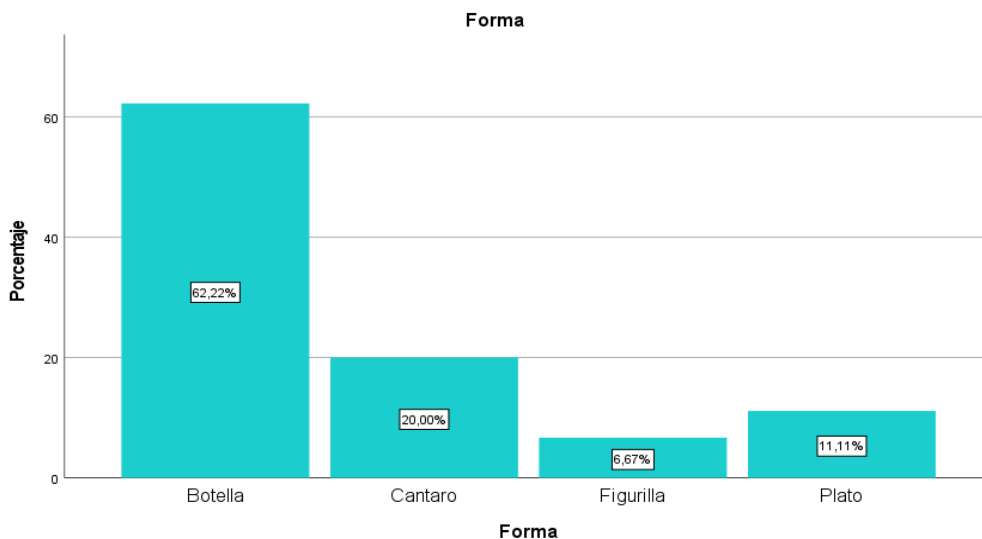


Figura 9.

Formas en el material cerámico de la cultura Tallán en el Museo de Arqueología e Historia de Tangarará.



Como se puede observar en los resultados de la figura 9 tenemos que un 62.22% son botellas, seguido de un 20.00% que son cantaros, un 11.11% se determinan como platos, y finalmente un 6.67% son figurillas.

Como se puede observar en los resultados de la figura 10 del grafico de componentes tenemos presencia de: tipología, decoración, forma, color, pintura y manufactura, y en cuanto a la

presencia cuantitativa se determina que la forma es aquel componente del estilo que predomina a nivel de los datos recolectados para el análisis que esta próxima al 1.0 en la escala de medición.

Figura 10.

Matriz de análisis factorial de componentes del estilo en la cerámica de la cultura Tallán en el Museo de Arqueología e Historia de Tangará.

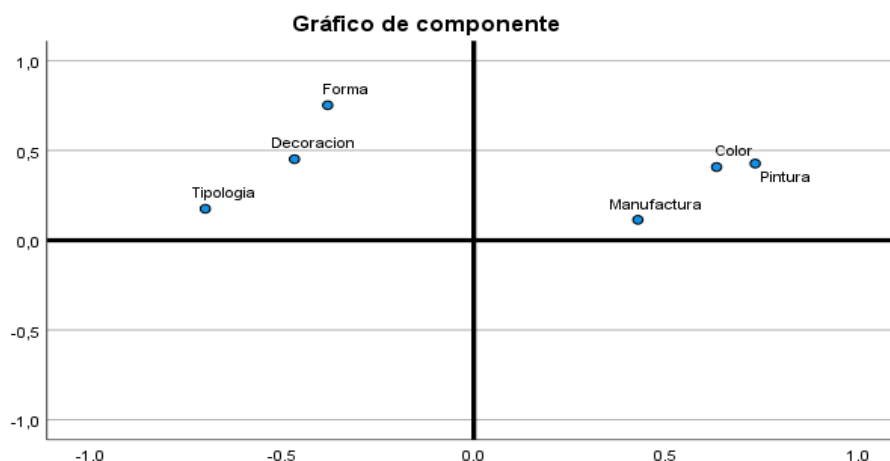


Tabla 4.

Resultado de la prueba KMO para los elementos selecciones del estilo de la cerámica Tallán.

Prueba de KMO y Bartlett		
Medida Kaiser-Meyer-Olkin de adecuación de muestreo		,620
Prueba de esfericidad de Bartlett	Aprox. Chi-cuadrado	26,140
	gl	15
	Sig.	,037

Tabla 5.

Resultado de matriz de correlación de los elementos seleccionados del estilo de la cerámica Tallán.

Matriz de correlaciones							
		Decoración	Tipología	Color	Pintura	Manufactura	Forma
Sig. (unilateral)	Decoración		,093	,140	,146	,486	,062
	Tipología	,093		,082	,007	,096	,038
	Color	,140	,082		,001	,247	,409
	Pintura	,146	,007	,001		,068	,486
	Manufactura	,486	,096	,247	,068		,234
	Forma	,062	,038	,409	,486	,234	

De acuerdo a los resultados de la matriz tenemos correlaciones en 0,486 entre algunos de los elementos como decoración y manufactura, pintura y forma, manufactura y decoración, y forma y pintura en el estilo de la cerámica Tallán que permiten tener nuevas líneas de investigación.

4. DISCUSIÓN

Los trabajos de Pérez et al (2015) sobre cerámica en la costa sur del Perú a nivel de estilo relacionado con la cultura Nasca, se focaliza en categorizar a través de colores, fondos, y tipologías. En cuanto a nuestra investigación determinamos mediante las categorías que forman parte del estilo con 53.33% esta contorno alisado como aquel componente determinante de la cerámica, a nivel de tipología con 42.22% tenemos formato ovoide, en cuanto al color predominante esta el naranja con 33.56%, a nivel de pintura con 68.89% prevalece el color original, en cuanto a manufactura tenemos con 68.89% modelado, a nivel de forma tenemos botella en un 62.22%, y finalmente tenemos hallazgos de relaciones entre algunos elementos que determinamos como moderadas en un 0,486 para cerámica de la cultura Tallán.

El trabajo de Feely (2011) sobre estilo tecnológico cerámico en grupos formativos tinogasta se focaliza en categorizar a través de técnica, tipología y técnicas de manufactura. En cuanto a nuestra investigación determinamos mediante las categorías que forman parte del estilo con 53.33% esta contorno alisado como aquel componente determinante de la cerámica, a nivel de tipología con 42.22% tenemos formato ovoide, en cuanto al color predominante está el naranja con 33.56%, a nivel de pintura con 68.89% prevalece el color original, en cuanto a manufactura tenemos con 68.89% modelado, a nivel de forma tenemos botella en un 62.22%, y finalmente tenemos hallazgos de relaciones entre algunos elementos que determinamos como moderadas en un 0,486 para cerámica de la cultura Tallán.

En relación al trabajo de Vallejo (2004) de estilo cerámico de la cultura Ychsma focaliza sus esfuerzos en categorizar la cerámica mediante; pasta, acabado y decoración. En cuanto a nuestra investigación determinamos mediante las categorías que forman parte del estilo con 53.33% esta contorno alisado como aquel componente determinante de la cerámica, a nivel de tipología con 42.22% tenemos formato ovoide, en cuanto al color predominante está el naranja con 33.56%, a nivel de pintura con 68.89% prevalece el color original, en cuanto a manufactura tenemos con 68.89% modelado, a nivel de forma tenemos botella en un 62.22%, y finalmente tenemos hallazgos de relaciones entre algunos elementos que determinamos como moderadas en un 0,486 para cerámica de la cultura Tallán.

5. CONCLUSIONES

En cuanto a las conclusiones debemos indicar que para determinar el estilo de la cerámica es necesario realizar una categorización de los componentes que intervienen en el fenómeno de estudio. Así también es necesario tener en cuenta que el estilo es una variable que necesita de las dimensiones o categorías que estén plenamente identificadas

La cerámica Tallán se determina bajo un formato que desarrollo en el tiempo basándose en cinco (06) categorías que se clasifican en el orden: decoración, tipología, color, pintura, manufactura y forma. Estos indicadores determinar una estrategia válida para estudiar estilos cerámicos en diversas culturas prehispánicas.

En cuanto a la decoración de la cerámica Tallán después de realizar los análisis de presencia de elementos se destaca con un 53.33% el alisado como aquella decoración predominante de acuerdo al estudio realizado. Las cerámicas Tallán guardan cierta relación con algunas técnicas de otras culturas como Mochica y Chimú en cuanto a la decoración. En cuanto a la tipología de

la cerámica Tallán determinamos a través de los análisis que tenemos un 42.22% una forma ovoide en la producción de acuerdo al estudio realizado. Sin embargo, hay una presencia interesante del 28.89% de tipos de cerámica antropomorfas y 22.22% del tipo zoomorfa de acuerdo al estudio realizado.

En cuanto al color de la cerámica Tallán se determina a través de los resultados que tenemos un 35.56% presencia del color naranja, y un 33.33% color verde gris claro, siendo importante indicar que presencia de estos colores están relacionados a la composición de los materiales. Así también estos colores son aquellos que caracterizan a la cultura Tallán en esta parte del río Chira. En cuanto a pintura de la cerámica Tallán se determina a través de los resultados que tenemos un 68.89% no cuenta con ningún tipo de pintura, sin embargo, tenemos 11.11% de presencia del color blanco sobre la superficie de la cerámica, así también 8.89% pintura negra, 6.67% color amarillento y 4.44% rojo bajo todas estas pinturas están relacionadas a los materiales extraídos de áreas cercanas al río Chira. En relación a la manufactura de la cerámica Tallán se determina a través de los resultados que tenemos un 68.89% de la cerámica se realizó a través del modelado, y un 31.11% fue realizada con moldes. Estos resultados permiten indicar que los Tallanes ocuparon tiempos prolongados para fabricar cerámicas.

En cuanto a las formas de la cerámica Tallán se determina a través de los resultados que tenemos un 62.22% se determinan botellas, un 20.00% cantaros, 11.11% y 6.67% figurillas. Estos datos nos indican que existe una tendencia en los Tallanes por fabricar objetos que guardan relación actividades rituales.

A nivel de relaciones entre los elementos que forman parte del estilo se tiene un hallazgo de algunas asociaciones que se consideran como moderadas del 0,486 entre decoración y manufactura, pintura y forma, manufactura y decoración, y forma y pintura en el estilo de la cerámica Tallán.

Finalmente debemos indicar que la cultura Tallán a nivel de la cerámica estudiada del Museo de Arqueología e Historia de Tangará que todos los materiales provienen de las cercanías de los sitios arqueológicos están ubicados en el Centro Poblado, así también a través del estudio del estilo cerámico se determinan las categorías que deben ser abordadas en un estudio.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Briones, G. (1999). Epistemología de las ciencias sociales. Bogotá: ICFES

Del Águila, C. (2010). La vigencia de un método en arqueología: sobre la propuesta de periodificación cultural del Área Andina de John H. Rowe. *Revista Arqueología y Sociedad*, 21, 109-118.
<https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/Arqueo/article/view/12280/10988>

Domínguez, J. Román, A. Prieto, F. y Acevedo, O. (2012). Sistema de notación Munsell y CIELab como herramienta para evaluación de colores de suelo. *Revista Mexicana de Ciencias Agropecuarias*, 3 (1) 141-155.
<https://www.redalyc.org/pdf/2631/263123192010.pdf>

- Feely, A. (2011). El concepto de estilo tecnológico cerámico y su aplicación en un caso de estudio: los grupos formativos del oeste de Tinogasta (Catamarca). *Revista Arqueología*, 18, 49-75. DOI: <https://doi.org/10.34096/arqueologia.t18.n0.1808>
- Gabriel, H. (1997). Arqueología experimental talla de la piedra contemporánea, arte moderno y técnicas tradicionales: observaciones actualísticas para discutir estilo en tecnología lítica. *Relaciones de la Sociedad Argentina de Antropología XII* 363-388
- Gamble, C. (2001). *Arqueología Básica*. Barcelona: Critica
- García, M. y Olaetxea, C. (1992). Métodos y análisis para la caracterización de cerámicas arqueológicas. Estado actual de la investigación en España. *Revista AESPA*, 65, 263-289. <https://core.ac.uk/download/pdf/236960724.pdf>
- Gonzalez, D. (2021). Modelo de investigación científica en arqueología: diseño teórico y diseño metodológico para proyectos en el Perú. *Revista Arqueología y Sociedad*, 34, 211-223. DOI: <https://doi.org/10.15381/arqueolsoc.2021n34.e14136>
- Gonzalez, D. Sánchez, M. Sánchez, N. Palacios, D. Timana, M. Bruno, P. y Sánchez, J. (2021). Modelo del proceso de investigación científica para arqueología y ciencias afines. Quito: Colloquim.
- Gonzalez, D. (2020). Modelo para estudiar la anemia en restos óseos prehispánicos con incidencia de material cultural. *Revista Salud & Vida Sipanense*, 7 (2) 5-17. DOI: <https://doi.org/10.26495/svs.v7i2.1457>
- Gonzalez, D. (23-26 de agosto 2018). Diseño del constructo y dimensiones del estilo en arqueología para su uso en la investigación cuantitativa y cualitativa 2018. [Ponencia] Arequipa, Perú.
- Heras, C. (1992). Glosario terminológico para el estudio de las cerámicas arqueológica. *Revista Española de Antropología Americana*, 22, 9-34.
- Jiménez, C. (2016). Formas y estilos de la cerámica prehispánica en Pereira – Risalda. *Revista Scientia Et Technica*, 21 (2) 176-181. <https://www.redalyc.org/pdf/849/84950866010.pdf>
- Menzel, D. (1971). Estudios arqueológicos en los valles de Ica, Pisco, Chincha y Cañete. *Revista Arqueología y Sociedad*, 6, 10-100
- Molano, O. (2007). Identidad cultural un concepto que evoluciona. *Revista Opera*, 7, 69-84. <https://www.redalyc.org/pdf/675/67500705.pdf>
- Muntane, J. (2010). Introducción a la investigación básica. *RAPD ONLINE*, 33 (3) 221-227.

- Pérez, K. Fernández, A. Tantalean, H. y Stanich, C. (2015). El estilo cerámico Carmen y su presencia en el valle medio de Chíncha, costa sur del Perú. *Boletín de Estudios del Instituto Frances de Estudios Andinos*, 44 (2) 181-204. <https://doi.org/10.4000/bifea.7555>
- Ramon, G. (2005). Periodificación en arqueología peruana: genealogía y aportes. *Boletín del Instituto Frances de Estudios Andinos*, 34 (1) 5-33. <https://doi.org/10.4000/bifea.5567>
- Ravines, R. (2011). Estilos de cerámica en el antiguo Perú. *Boletín de Lima*, 163, 62-162
- Renfrew, C. y Bahn, P. (2013). *Arqueología teoría, métodos y práctica*. Madrid: Akal
- Revines, R. (2011). Estilos de cerámica del antiguo Perú. [Archivo PDF] <http://boletindelima.com/163-166/5.pdf>
- Tortosa, T. (2006). *Los estilos y grupos pictóricos de la cerámica ibérica figurada en la Contestania*. Merida: CSIC
- Vallejos, F. (2004). El estilo Ychsma: características generales, secuencia y distribución geográfica. *Boletín de Estudios del Instituto Frances de Estudios Andinos*, 33 (3) 595-642. <https://doi.org/10.4000/bifea.5165>

Tierra estabilizada con biopolímeros como una alternativa sostenible para abordar la crisis de la vivienda urbana de bajo costo

Biopolymer-stabilized soil as a sustainable alternative to address the low-cost urban housing crisis

Luis Enrique Ortega Salinas¹
Laboratorio de arquitectura I +D.
Loja - Ecuador

RESUMEN

La necesidad de una gran cantidad de nuevas viviendas para hacer frente al aumento de la población y el nivel de vida, se contraponen a la necesidad de hacer frente al calentamiento global y la disminución de la biodiversidad. Para superar este doble desafío, existe una necesidad urgente de evaluar materiales y técnicas de construcción alternativos que sean asequibles y sostenibles. La tierra estabilizada es un material de construcción que es comparativamente más económico que los materiales de construcción convencionales en la construcción de viviendas urbanas de bajo costo. Además, la construcción con tierra estabilizada reduce emisiones de CO_2 y es ambientalmente sostenible. A pesar de todos los beneficios de este material, existen muchos inhibidores que influyen en la adopción generalizada de la construcción con tierra, e impiden que esta tecnología sea universalmente aceptada. En este contexto, esta investigación está dirigida a ampliar el conocimiento sobre las ventajas que ofrece la construcción en tierra para satisfacer las crecientes necesidades de vivienda y plantea como los polímeros naturales pueden ayudar a cambiar la percepción de este material dado el potencial de estos aditivos para reducir la permeabilidad del suelo, aumentar la resistencia y mejorar su durabilidad.

Palabras clave: Construcción en tierra, biopolímeros, sostenibilidad, vivienda de bajo costo, tierra estabilizada.

ABSTRACT

The need for a large amount of new housing to cope with rising population and living standards is set against the need to address global warming and declining biodiversity. To overcome this dual challenge, there is an urgent need to evaluate alternative building materials and techniques that are affordable and sustainable. Stabilized earth is a building material that is comparatively cheaper than conventional building materials in low-cost urban housing construction. In addition, building with stabilized earth reduces CO_2 emissions and is environmentally sustainable. Despite all the benefits of this material, there are many inhibitors that influence the widespread adoption of earth construction, and prevent this technology from being universally accepted. In this context, this research aims to broaden the understanding of the advantages of earth construction in meeting the growing housing needs and discusses how natural polymers can help change the perception of this material given the potential of these additives to reduce soil permeability, increase strength and improve durability.

Keywords: Earth construction, biopolymers, sustainability, low-cost housing, stabilized earth.

¹ Arquitecto. Laboratorio de arquitectura I +D. Loja – Ecuador

Línea de investigación: Población y Desarrollo sostenible / Aprovechamiento sostenible de los recursos naturales. <http://bancodeideas.gob.ec/usuario/view?data=aWQ9MTEwMTg%3D>

EMAIL: ortega.luis1305@gmail.com

1. INTRODUCCIÓN

Existe una enorme demanda de viviendas en las crecientes áreas urbanas del sur global, que debe ser atendida en un corto período de tiempo. La construcción con tierra se plantea como una alternativa económica y amigable con el medio ambiente debido al creciente aumento de costos e impactos ambientales de los materiales de construcción convencionales (Morel et al, 2021). Sin embargo, la construcción de viviendas en tierra ha disminuido significativamente a nivel mundial y, por lo tanto, es necesario implementar mecanismos mediante los cuales la tierra se constituya en un material de construcción atractivo que pueda hacer una contribución significativa a la escasez de viviendas contemporánea (Kulshreshtha et al., 2020).

Múltiples estudios sugieren que el desconocimiento de las ventajas y los prejuicios con respecto a la construcción en tierra son la barrera clave contra una amplia aceptación; Las construcciones en tierra, son consideradas frágiles, percederas y hechas para los pobres, considerándose no compatibles con la “ideología de progreso” actual (Morel et al, 2021). Por ello las investigaciones sugieren que la demostración exitosa de estructuras duraderas y confortables de tierra en diversos lugares y contextos sociales puede actuar como catalizador para cambiar la imagen de la tierra y convertirla en un material deseable para la construcción de viviendas (Kulshreshtha et al., 2020).

Los materiales de construcción de tierra tienen baja energía incorporada, excelentes propiedades higrotérmicas y potencial de reciclaje. Sin embargo, sin los elementos constructivos adecuados (aleros, cimientos piedra, revocos, etc.) y estabilizantes, el material es susceptible a deterioro frente a la entrada de agua y las cargas sísmicas. Generalmente los sistemas tradicionales empleaban estabilizantes naturales como fibras, resinas, almidones, látex y diversidad de polímeros naturales para fortalecer la estructura de este material, sin embargo, por lo general los modernos sistemas de construcción con tierra emplean estabilizadores químicos como el cemento para mejorar su durabilidad y rendimiento mecánico (Losini et al.,2021).

La estabilización de suelos ha sido una importante innovación que no sólo ha mejorado la resistencia y durabilidad de las construcciones con tierra, también ha ayudado a cambiar la percepción de que los sistemas constructivos en tierra son inferiores (Muguda, 2019). No obstante, el uso de cemento conduce a un alto impacto ambiental, compromisos en las propiedades higroscópicas y potencial de reciclabilidad. En esta situación, es imperativo buscar alternativas al cemento, que pueden abordar estos problemas sin comprometer los beneficios de la construcción con tierra (Losini et al.,2021).

El legado histórico en conjunto con investigaciones recientes muestra que la mejora de la tierra con polímeros naturales es una alternativa que puede contribuir a la mejora substancial de este material constructivo. Recientes investigaciones incluso evidencian la superioridad de algunos de estos polímeros naturales frente al cemento, para reducir la permeabilidad del suelo, aumentar la resistencia y mejorar su durabilidad (Chang et al., 2015). Por ello se considera que los biopolímeros son estabilizadores de suelo potenciales prometedores debido a su facilidad de obtención, aplicación y eficacia de estabilización incluso en pequeñas cantidades. En este contexto, la revalorización del empleo de biopolímeros, supone un avance significativo para mejorar la calidad y durabilidad de las construcciones de tierra y con ello se abre una brecha que permita que este material se constituya paulatinamente en una alternativa para la construcción de viviendas urbanas de bajo costo en todo el mundo.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Actuales desafíos ambientales del sector de la construcción.

La reducción del impacto ambiental de las actividades antrópicas es uno de los desafíos más importantes de nuestro siglo y la industria de la construcción juega un papel significativo en este contexto (Losini et al.,2021). A nivel mundial, los edificios representan alrededor del 35 % de

los recursos utilizados, el 40 % del uso total de energía, consumen el 12 % del agua potable del mundo, producen casi el 40 % de las emisiones mundiales de dióxido de carbono y generan alrededor de un tercio de todos los residuos destinados al vertedero (Bertino, et al 2021).

Sumado a ello, dada la creciente demanda de vivienda y las oportunidades de inversión que acompañan a la urbanización, las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) a través de la construcción podrían duplicarse para 2050 (Adegun & Adedeji, 2017). Por ello es necesario (re)considerar la promoción de materiales que resulten en menores impactos para el medio ambiente.

En la actualidad los edificios se desmantelan cada pocos años y, a menudo, se derriban mucho antes de su vida útil prevista, sin que casi ningún producto o material se recupere para su reutilización. Este modelo lineal de "tomar, hacer y desechar" está agotando los limitados recursos del mundo y está creando montañas de desechos con muy pocas posibilidades de recuperación. En lugar de diseñar edificios como si no hubiera un mañana, debemos pensar en el futuro de las edificaciones y sus usuarios.

La actitud derrochadora que hasta ahora hemos aplicado a los recursos de construcción no será compatible con las prioridades de las generaciones futuras. Ya es hora de que abordemos esta problemática y reconozcamos nuestro papel de administración sobre los recursos finitos del planeta. El reto de reducir el impacto de los edificios durante su vida útil exige nuevos materiales eficientes, sostenibles y reutilizables. En este contexto, la tierra cruda como material de construcción tiene varias ventajas: disponibilidad local, reciclabilidad y baja energía incorporada (Losini et al., 2021). Los bloques de adobe, por ejemplo, no se someten a ningún proceso de cocción que consuma mucha energía, ya que simplemente se secan al sol y, por lo tanto, aprovechan la energía solar directamente.

Para poner esto en contexto, la energía requerida para producir un bloque de adobe es de solo 5 (kWh) / metro cúbico en comparación con aproximadamente 1000 (kWh) / metro cúbico para un ladrillo cocido y 400-500 (kWh) / metro cúbico para concreto (Galán et al., 2013).

Los sistemas constructivos basados en tierra son responsables con el medio ambiente y desempeñan un papel fundamental en la lucha contra las emisiones de gases de efecto invernadero, desequilibrios en los ecosistemas, el cambio climático, entre otros temas. Por lo tanto, la construcción con tierra se está convirtiendo en un material de construcción natural cada vez más valorado y sus beneficios también se están reconociendo progresivamente, particularmente en los países industrializados (Galán et al., 2013).

2.2. Vivienda de bajo costo en tierra una necesidad urgente.

Las ciudades del sur global han experimentado en las últimas décadas, un crecimiento sin precedentes en términos de desarrollo espacial y aumento de la población, en América Latina el 81% de la población ya es urbana (ONU, 2018). Desafortunadamente las ciudades, particularmente en los países del sur global no están planificadas para estas magnitudes de crecimiento y de la afluencia de población, ni cuentan en realidad con los puestos de trabajo y las instalaciones necesarias para soportar tal expansión. Particularmente, las crecientes urbes no han logrado satisfacer la explosiva demanda de vivienda de las poblaciones que habitan en condiciones pobreza y desempleo (Zami & Lee, 2011).

Existe una gran presión sobre los gobiernos para atender la demanda de viviendas. Se sabe que la vivienda tiene un impacto significativo en el desarrollo económico, se estima que el 80 % del PIB (Producto Interno Bruto) depende del 54 % de la población mundial que vive en áreas urbanas (Kulshreshtha et al., 2020). Por lo tanto, existe una necesidad urgente de evaluar

materiales y técnicas de construcción alternativos que sean asequibles y sostenibles para hacer frente a esta creciente escasez de viviendas (Kulshreshtha et al., 2020).

La construcción con materiales convencionales como el hormigón o los ladrillos cocidos a menudo se considera plausible debido a su amplia disponibilidad y estandarización en el uso. Sin embargo, los precios de estos materiales han aumentado significativamente a lo largo de los años por encima del aumento proporcional de los ingresos (Kulshreshtha et al., 2020). Y esta tendencia de aumento tiende a acrecentarse dado el declive de los combustibles fósiles, con el correspondiente aumento de precio y, por lo tanto, de los costos de transporte y fabricación.

Los desafíos asociados con la dotación de viviendas adecuadas y asequibles a las personas de bajos ingresos generalmente están relacionados con el tema de los materiales y la tecnología de construcción (Adegun & Adedeji, 2017). Los análisis de costos en regiones del sur global evidencian que los materiales constituyen el principal componente de los costos en la construcción de viviendas, representando entre el 60 y el 70 % del costo total (Adegun & Adedeji, 2017). De ello deriva que varios estudios académicos han establecido el hecho de que el costo creciente de los materiales de construcción es uno de los principales factores responsables de la creciente brecha entre la oferta y la demanda de viviendas asequibles y adecuadas (Adegun & Adedeji, 2017; Kulkarni et al., 2014; Assaf et al., 2010).

La tierra estabilizada es un material de construcción alternativo que es comparativamente más económico que los materiales de construcción convencionales en la construcción de viviendas urbanas de bajo costo. Se estima que las casas de tierra son hasta un 35 % más baratas que las de hormigón (Kulkarni et al., 2014). Adicionalmente a ello, es un material de construcción sostenible, que no solo produce edificios de bajo impacto ambiental, sino que también mejoran la vida de las personas. Los beneficios de este material atraviesan las esferas ambiental, financiera y social: Reducción de costo de construcción, mejora de la salud humana, minimización de desechos, protección del medio ambiente, protección contra el ruido y la mejora de la calidad de vida son los principales beneficios la tierra como material de construcción (Nwaki, & Eze, 2022).

De esta forma, múltiples investigaciones alrededor del mundo han evidenciado que la construcción con tierra puede ser una alternativa muy exitosa para abordar proyectos de vivienda de bajo costo y a la vez satisfacer la demanda de vivienda sostenible y confortable en muchos países del sur (como India, Sudán, Zimbabue, Sudáfrica) y norte global (como EEUU, Alemania, Francia) (Zami & Lee, 2011). Sin embargo, la pregunta sigue siendo, ¿por qué la construcción con tierra estabilizada aún no se adopta ampliamente para abordar la crisis de viviendas urbanas de bajo costo (Zami & Lee, 2011).

El deseo y el acceso a materiales de construcción modernos, como el hormigón y los ladrillos cocidos, han provocado una disminución del interés por la construcción con tierra. A nivel mundial, las viviendas de tierra están en declive en relación con las viviendas que no son de tierra, impulsadas por los cambios demográficos y las percepciones negativas de la construcción con tierra (Marsh, & Kulshreshtha, 2022). Los sistemas de construcción en tierra están asociados con la pobreza y son ampliamente considerados como un material para los pobres. Se estima que la proporción de hogares que viven en viviendas de tierra en todo el mundo es del 8% al 10%, y el promedio en los países del sur global es del 20% al 25%. Existiendo una correlación negativa entre el nivel de desarrollo de los países y la prevalencia de viviendas de tierra (Marsh, & Kulshreshtha, 2022).

Hay diversidad de factores que han llevado a una disminución tanto en la demanda como en la oferta de este material en la industria de la construcción a nivel mundial. Sin embargo, como

evidencian algunos estudios científicos, la falta de conocimiento de los beneficios y de técnicas constructivas adecuadas que permitan brindar a la construcción en tierra una mayor resistencia y durabilidad, son las razones básicas de la aparente infrutilización de la tierra como en distintos contextos (Nwaki, & Eze, 2022).

Dado que las viviendas de tierra de alta calidad pueden ser una contribución transversal para garantizar una vivienda adecuada, mejorar los resultados de salud y mitigar el cambio climático. Es prioritario implementar mecanismos a fin de promocionar este material de construcción, para ello es necesario: implementación y desarrollo de mejoras asequibles y de alta calidad a las viviendas de tierra existentes que se encuentran en mal estado, construcción de viviendas de tierra de alta calidad a pequeña escala que permita apreciar las ventajas y el potencial de este material, creación de módulos de arquitectura de tierra enseñados en escuelas de construcción y universidades; así como, desarrollo de manuales instructivos y estándares nacionales, que cubran una variedad de técnicas de construcción con tierra y formas arquitectónicas.

3. RESULTADOS Y DISCUSIONES

3.1. Polímeros orgánicos una alternativa para mejorar la calidad de la construcción en tierra.

Muchos de las edificaciones en tierra (hechos de suelo sin estabilizantes y elementos constructivos adecuados) suelen ser vulnerables al agua y a las cargas sísmicas (Chang et al., 2015). Para ser competitivos en la construcción moderna, las propiedades mecánicas y de durabilidad de los materiales de tierra necesitan alcanzar rangos comparables a otros materiales empleados para la edificación de viviendas con estándares contemporáneos.

Para lograrlo la estabilización de suelos ha sido un importante mecanismo para mejorar las características desfavorables. Históricamente, la estabilización se lograba mediante el uso de diferentes tipos de biopolímeros (almidones, celulosa, polisacáridos, etc.) incorporados a la matriz de tierra (Losini et al., 2021).

Los biopolímeros se producen a partir de organismos vivos y pueden tener características y propiedades muy diferentes según su origen vegetal o animal. De forma general los polímeros orgánicos añadidos como estabilizantes comúnmente tienen como objetivo reducir la aparición de las grietas por contracción, la estabilización contra la erosión del agua, la mejora de las fuerzas de unión, el incremento de la resistencia a la compresión y tracción, la resistencia a la abrasión, el incremento del aislamiento térmico o la mejora de sus cualidades estéticas (Nakamatsu et al., 2017).

El interés y la importancia de los polímeros naturales en la construcción de edificios está aumentando notablemente con la difusión y aceptación de la conciencia ambiental. En consecuencia, los biopolímeros naturales están recibiendo una gran atención como materiales de construcción sostenibles y ecoeficientes (Nakamatsu et al., 2017). Estos han sido estudiados ampliamente para optimizar las propiedades de la tierra como material de construcción.

Los biopolímeros se obtienen de fuentes naturales renovables reduciendo la dependencia de los combustibles fósiles con la consiguiente reducción de las emisiones de dióxido de carbono. A continuación, se detallan brevemente algunos trabajos recientes sobre la influencia de algunos polímeros en la estabilización de la tierra:

Almidón: La adición de varias concentraciones de hidrogel de almidón retrogradado (2.5, 5, 7.5 y 10%) de diferentes tratamientos térmicos (3 o 5 h) tiende a aumentar la resistencia a la compresión del compuesto de arcilla hasta en un 80% (Trambitski et al., 2023).

Carragenina: Tanto la durabilidad frente agua como la resistencia mecánica mejoraron cuando se incorporó este polímero. La evaluación física mostró que la carragenina brinda protección contra el agua a las muestras tratadas en términos de permeabilidad y resistencia a la erosión. Los resultados de las pruebas mecánicas también muestran una mejora considerable en la resistencia a la tracción y la compresión cuando se incorpora el bioaditivo durante el proceso de fabricación de bloques (Nakamatsu et al., 2017).

Alginato: La adición de alginato aumenta la resistencia a la compresión de 2,23 a 3,77 MPa, si se combina con fibra de lana aumenta la resistencia a la compresión en un 37%. Es decir, añadiendo alginato y reforzando con fibra de lana se duplica la resistencia a la compresión del suelo.

Gomas gelan y xantana: Tanto los suelos tratados con goma xantana al 1 % como con goma gelán al 1 % muestran valores de resistencia a la compresión más altos que las muestras mezcladas con cemento al 10 %. La resistencia del suelo mezclado con 1% de goma xantana fue de 6,31 MPa, que es más de 2,3 veces mayor que la del suelo mezclado con 10% de cemento Portland ordinario (es decir, 2,65 MPa). Un estudio anterior muestra que el 0,5 % de goma xantana en la mezcla de suelo podría aumentar su resistencia por encima del nivel del suelo mezclado con un 10 % de cemento. Esto significa que se necesitarían 100 kg de cemento (10 % del suelo) o 5 kg de goma xantana (0,5 % del suelo) para hacer 1 tonelada de suelo con una resistencia superior a 2,5 MPa (Chang et al., 2015).

Fibras vegetales: Sharma y sus colegas publicaron varios trabajos con fibras naturales como *Grewia Optiva* y *Pinus Roxburghii*, a fin de mejorar la durabilidad de las viviendas en tierra, obteniendo como resultado un aumento notable tanto en la resistencia mecánica como en la durabilidad (Sharma et al., 2015; Sharma et al., 2016). Así mismo, otros trabajos de investigación han demostrado que la contracción higrométrica y su agrietamiento asociado en materiales a base de tierra pueden reducirse en gran medida mediante la introducción de fibras (Galán et al., 2013).

4. CONCLUSIONES

En diferentes contextos, los sistemas de construcción en tierra están asociados con la pobreza y son ampliamente considerados como un material para los pobres. Sin embargo, se puede argumentar que el problema no se encuentra en las tecnologías de construcción en tierra en sí mismas, sino en la mala calidad de construcciones existentes; y, por el uso inadecuado de este material o el desconocimiento de mecanismos que permitan la construcción de estructuras en tierra de alta calidad (como es el caso del uso de biopolímeros).

Ello ha conllevado, al desprestigio de este noble material de construcción, con la consecuente disminución tanto en la demanda como en la oferta, en la industria de la construcción a nivel mundial. Por tal motivo, es necesaria la promoción de los beneficios de la construcción con tierra; y por ende de técnicas constructivas adecuadas que ofrezcan una mayor resistencia y durabilidad. Los numerosos estudios sobre la aplicación de polímeros naturales para optimizar las propiedades de la tierra para su uso en la construcción, señalan el potencial de estos recursos como aditivos para mejorar significativamente las cualidades de las construcciones en tierra. Tal es así que, las viviendas de tierra de alta calidad pueden ser una contribución eficaz para garantizar una vivienda adecuada, mejorar las condiciones de salud de las poblaciones y mitigar el cambio climático.

Los materiales de construcción sostenibles, como es la tierra, no solo producen edificios de bajo impacto ambiental, sino que también mejoran la calidad de vida de las personas. Finalmente, los beneficios de este material abarcan las esferas ambiental, financiera y social.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Assaf, S. A., Bubshaitr, A. A., & Al-Muwasheer, F. (2010). Factors affecting affordable housing cost in Saudi Arabia. *International Journal of Housing Markets and Analysis*, 3(4), 290-307.
- Adegun, O. B., & Adedeji, Y. M. D. (2017). Review of economic and environmental benefits of earthen materials for housing in Africa. *Frontiers of Architectural Research*, 6(4), 519-528.
- Bertino, G., Kisser, J., Zeilinger, J., Langergraber, G., Fischer, T., & Österreicher, D. (2021). Fundamentals of building deconstruction as a circular economy strategy for the reuse of construction materials. *Applied sciences*, 11(3), 939.
- Chang, I., Jeon, M., & Cho, G. C. (2015). Application of microbial biopolymers as an alternative construction binder for earth buildings in underdeveloped countries. *International journal of polymer science*, 2015, 1-9.
- Galán-Marín, C., Rivera-Gómez, C., & Bradley, F. (2013). Ultrasonic, molecular and mechanical testing diagnostics in natural fibre reinforced, polymer-stabilized earth blocks. *International Journal of Polymer Science*, 2013.
- Kulkarni, O., Jakhar, S., & Hudnurkar, M. (2014). A comparative study of relation between the national housing & building material cost and economic gap in India. *Procedia Economics and Finance*, 11, 695-709.
- Kulshreshtha, Y., Vardon, P. J., Du, Y., Habert, G., Vissac, A., Morel, J. C., ... & Jonkers, H. M. (2022). Biological stabilisers in earthen construction: a mechanistic understanding of their response to water-ingress. *Construction Technologies and Architecture*, 1, 529-539.
- Losini, A. E., Grillet, A. C., Bellotto, M., Woloszyn, M., & Dotelli, G. (2021). Natural additives and biopolymers for raw earth construction stabilization—a review. *Construction and Building Materials*, 304, 124507.
- Marsh, A. T., & Kulshreshtha, Y. (2022). The state of earthen housing worldwide: how development affects attitudes and adoption. *Building Research & Information*, 50(5), 485-501.
- Morel, J. C., Charef, R., Hamard, E., Fabbri, A., Beckett, C., & Bui, Q. B. (2021). Earth as construction material in the circular economy context: practitioner perspectives on barriers to overcome. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 376(1834), 20200182.
- Muguda-Viswanath, Sravan (2019) *Biopolymer Stabilised Earthen Construction Materials*, Durham theses, Durham University. Available at Durham E-Theses Online: <http://etheses.dur.ac.uk/13444/>

- Nakamatsu, J., Kim, S., Ayarza, J., Ramírez, E., Elgegren, M., & Aguilar, R. (2017). Eco-friendly modification of earthen construction with carrageenan: Water durability and mechanical assessment. *Construction and Building Materials*, 139, 193-202.
- Nwaki, W., & Eze, E. (2022). Rejuvenating the Market for Earth-Based Building Construction Materials in a Developing Economy. *Civil and Sustainable Urban Engineering*, 2(2), 110-127.
- Sharma, V., Vinayak, H. K., & Marwaha, B. M. (2015). Enhancing compressive strength of soil using natural fibers. *Construction and Building Materials*, 93, 943-949.
- Sharma, V., Marwaha, B. M., & Vinayak, H. K. (2016). Enhancing durability of adobe by natural reinforcement for propagating sustainable mud housing. *International Journal of Sustainable Built Environment*, 5(1), 141-155.
- Trambitski, Y., Kizinievič, O., & Kizinievič, V. (2022). Modification of clay materials with retrograded starch hydrogel. *Construction and Building Materials*, 314, 125619.
- Trambitski, Y., Kizinievič, O., & Kizinievič, V. (2023). The influence of modified biopolymer on mechanical, hygrothermal properties and durability of ecological clay materials. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 2423, No. 1, p. 012004). IOP Publishing.
- Zami, M. S., & Lee, A. (2011). Inhibitors of adopting stabilised earth construction to address urban low-cost housing crisis: An understanding by construction professionals. *Journal of Building Appraisal*, 6, 227-240.

Predicción de precios de exportación del aceite y la harina de pescado, utilizando series de tiempo para el periodo 2023.

Prediction of export prices of fish oil and fishmeal, using time series for the period 2023.

Jossep Elgar Burga Farfán¹, Yenifer Elizabeth Aguirre Panta², Carlos Adrián Lecarnaqué Arévalo², Cristhian Nicolás Aldana Yarlequé²
Instituto de Investigación en Economía y Eficiencia Productiva
Universidad Nacional de Frontera, Sullana, Piura, Perú.

RESUMEN

La dinámica de los precios internacionales de los comides posee una relevancia para el sector industrial y para el propio estado, pues el comportamiento del precio influirá en el desempeño o actividad económica del sector. La volatilidad de los precios de la harina y el aceite de pescado son ocasionados por factores, como la oferta y la demanda, las condiciones climáticas, los costos de producción y los cambios en las políticas comerciales. Se recopilan datos históricos del precio de exportación del aceite y la harina de pescado obtenidos del Banco Central de Reserva del Perú (BCRP) de forma mensual, que permitirán obtener un modelo de predicción para cada producto en el periodo de enero a diciembre del 2023. Para ello se empleó el software estadístico Excel para ordenar y limpiar la data para el procesamiento en el software de lenguaje programación RStudio que consiste en: graficar las series temporales para cada variable y detectar si hay presencia de estacionariedad, identificar el modelo ARIMA mediante las funciones de autocorrelación y autocorrelación parcial, examinar el modelo con la ayuda del Test de Ljung-Box y por último ejecutar el pronóstico.

Palabras claves: ARIMA; series de tiempo; predicción; programación; commodities.

ABSTRACT

The dynamics of international commodity prices are relevant for the industrial sector and for the state itself, since price behavior will influence the sector's economic performance or activity. Fishmeal and fish oil price volatility is caused by factors such as supply and demand, weather conditions, production costs and changes in trade policies. Historical data on the export price of fish oil and fishmeal obtained from the Central Reserve Bank of Peru (BCRP) on a monthly basis are compiled to obtain a prediction model for each product for the period from January to December 2023. For this purpose, the Excel statistical software was used to sort and clean the data for processing in the RStudio programming language software, which consists of: plotting the time series for each variable and detecting whether stationarity is present, identifying the ARIMA model using the autocorrelation and partial autocorrelation functions, examining the model with the help of the Ljung-Box test and finally running the forecast.

Keywords: ARIMA; time series; forecasting; programming; commodities

¹ Estudiante de Ingeniería Económica. Universidad Nacional de Frontera – UNF

² Instituto de Investigación en Economía y Eficiencia Productiva, Universidad Nacional de Frontera – UNF. Sullana, Piura, Perú. Línea de Investigación: Economía, finanzas, eficiencia productiva, calidad y optimización. <https://orcid.org/0009-0002-9018-903X> EMAIL: 2019201005@unf.edu.pe

1. INTRODUCCIÓN

El sector pesquero posee una gran importancia para la economía mundial, tal es así que durante los tres últimos decenios el empleo en dicho sector ha crecido a nivel global, para el año 2000 se dedicaban de forma directa 35 millones de personas en la pesca y piscicultura a comparación de los 28 millones de personas en el decenio anterior (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2002). En el año 2020 58,5 millones de personas trabajaban en este sector, donde alrededor del 21% eran mujeres. Siendo en Asia donde se concentraba la mayor cantidad de trabajadores (84%), África (10%) y América Latina y el Caribe (4%) (FAO, 2022).

Los derivados del sector pesquero más importantes para la industria mundial es la harina y aceite de pescado, que se consideran commodities, pues son productos básicos que se producen en grandes cantidades y se comercializan en los mercados mundiales. Su importancia radica en la utilización como alimento para animales, especialmente en la industria acuícola y, también en la industria alimentaria, farmacéutica y cosmética.

Ambos productos son importantes en la cadena de suministro de alimentos y se negocian en los mercados de materias primas, como el Chicago Mercantile Exchange y el London Metal Exchange (Comisión de Promoción del Perú para la Exportación y el Turismo [PROMPERÚ], 2022). Lo que significa que, el aceite y harina de pescado es un sector de gran importancia no solo a nivel de industria sino de estado. Por lo tanto, es necesario ejercer un control cualitativo sobre el sector a través de herramientas que permitan una mejor previsión y planificación. El estudio integral del sector en prospectiva permite conocer el estado situacional y a partir de ello tomar la correcta decisión en el momento dado.

Debido a la variedad y abundancia de recursos marinos que posee Perú, es adjudicado como una potencia pesquera en el comercio mundial. Por lo que, para el año 2020 la producción pesquera mostro un aumento de su valor en 2.3% en relación con el año anterior, reflejándose también en el PBI con una significancia del 0.4%. (Sociedad de Comercio Exterior del Perú [COMEXPERÚ], 2021). De esta forma fue uno de los sectores en presentar un crecimiento en su producción en un contexto complicado y que ha contribuido a la recuperación económica del país luego de que esta fuera golpeada por la presencia del COVID-19.

En cuanto a exportaciones de esta actividad, a nivel de desagregado, las exportaciones de pesca tradicional pese a registrar una disminución del -32.1% en el último trimestre de 2020, para enero de 2021 tuvieron una variación positiva del 70.6% referente a lo logrado en enero del año anterior, a causa de un aumento en el valor exportado de aceite de pescado (+207.3%) y harina de pescado (+60.2%). Por otro lado, las exportaciones de pesca no tradicionales experimentaron un cambio positivo del 16.5% en el cuarto trimestre de 2020 a comparación del mismo periodo en 2019. (Banco Central de Reserva del Perú [BCRP], 2022)

Los precios de la harina y el aceite de pescado pueden ser volátiles debido a una serie de factores, como la oferta y la demanda, las condiciones climáticas, los costos de producción y los cambios en las políticas comerciales. En el caso de la harina y el aceite de pescado, estos productos son utilizados como ingredientes en la alimentación de animales acuáticos, como los salmones y los camarones, que son cultivados en la acuicultura. La demanda de harina y aceite de pescado ha alcanzado una gran importancia en los últimos años, debido al aumento de la producción acuícola en todo el mundo. A medida que la demanda ha aumentado, también lo han hecho los precios, especialmente cuando hay una escasez de suministro debido a factores como las malas condiciones climáticas o las restricciones en la pesca. Además, los costos de producción pueden

ser altos debido a la necesidad de mantener la calidad del producto y cumplir con las condiciones ambientales. Es necesario conocer diferentes investigaciones realizadas en relación al presente trabajo de investigación, que permita un mayor análisis en cuanto a la dimensión del sector ya estudiado, por ejemplo; (Tatarintsev et al., 2021) analizan los cambios de los precios del azúcar, su incidencia en el desarrollo de su producción y construyeron un modelo de pronóstico basado en la clase Media Móvil Integrada Autorregresiva (ARIMA). Para ello tomaron datos mensuales correspondientes al transporte domestico de azúcar en miles de toneladas en el periodo 2010-2018, apoyándose del criterio de información de Hirotugu Akaike (AIC) se eligió el mejor modelo.

Los resultados del modelo construido confirman que ha disminuido el transporte ferroviario nacional de azúcar en 2020 y este comportamiento se mantendrá en posteriores años. Además, (Silva et al., 2021) emplean modelos de aprendizaje automático y los comparan con modelos econométricos tradicionales para llevar a cabo el pronóstico de los precios diarios del maíz y el azúcar. La metodología estuvo dividida en recolección de datos, preprocesamiento de datos para depurar la data, análisis de las series temporales y la implementación de los modelos valiéndose de Python. Los mejores resultados para el pronóstico se obtuvieron de los modelos de Machine learning y Deep learning, por otra parte, los modelos econométricos (ARIMA, SARIMA) presentaron pésimos resultados.

El trabajo pretende determinar un modelo de predicción para el precio de exportación del aceite de pescado y el precio de exportación de la harina de pescado, periodo 2023, encontrándose un modelo ARIMA de orden (2,1,4), es decir dos autorregresivos, una diferencia y 4 medias móviles; para el aceite de pescado y un modelo ARIMA de orden (1,1,2), es decir un autorregresivo, una diferencia y dos medias móviles para la harina de pescado utilizando el software RStudio, por lo que los modelos son útiles como fuente de información y herramienta que contribuya a que los tomadores de decisiones formulen políticas basadas en conocimiento; siendo una fase preliminar a posteriores investigaciones.

Los modelos propuestos brindan información que contribuyen en el análisis prospectivo del precio de exportación, así como también el análisis económico del sector productivo estudiado; por lo que, específicamente el agente privado en su dimensión económica necesita tomar decisiones oportunas frente a la incertidumbre de los precios internacionales.

2. MÉTODOS Y MATERIALES

El presente estudio utilizó datos del Banco Central de Reserva del Perú – BCRP, correspondientes a precios de exportación del aceite y la harina de pescado en dólares americanos por tonelada métrica, publicados en su página web para el periodo que abarca de enero de 2012 hasta diciembre de 2022, cabe recalcar que el periodo de estudio se estableció por la disponibilidad de datos.

Para el procesamiento de datos se utilizó el software estadístico Excel con el fin de dividir el conjunto de datos en subconjuntos para cada bien industrial. Posteriormente se utilizó el software RStudio para el análisis de cada serie temporal, de acuerdo al siguiente procedimiento:

- Visualización gráfica de las series temporales y analizar la presencia de estacionariedad, de lo contrario se aplica la primera diferencia hasta conseguir dicha característica.
- Implementación de la autocorrelación y autocorrelación parcial para la identificación del modelo ARIMA.
- Diagnóstico del modelo mediante el Test de Ljung-Box.

- Finalmente, se determinó el pronóstico de los precios de exportación del aceite y la harina de pescado para el periodo 2023M1-2023M12.

3. RESULTADOS Y DISCUSIONES

3.1. Evaluación de las series temporales

Las series de tiempo se presentan mensualmente en el periodo 2012M1-2022M12. Se procedió a generar las series con su respectiva data, gráficamente se puede apreciar las distintas tendencias que presentan a lo largo del tiempo y se evidencia un comportamiento de no estacionariedad. Adicionalmente, se debe corregir ambas series temporales, razón necesaria para realizar pruebas econométricas y estas sean testeadas.

En las figuras 1 y 2, se muestran las series temporales del precio de exportación del aceite de pescado desde enero del 2012 hasta diciembre del 2022, los datos mensuales han sido recogidos de la base de datos del BCRP.

Figura 1.

Precio de exportación del aceite de pescado

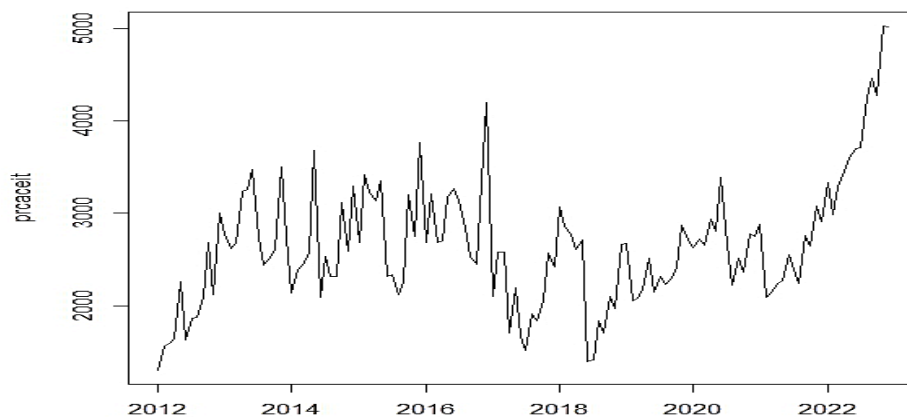
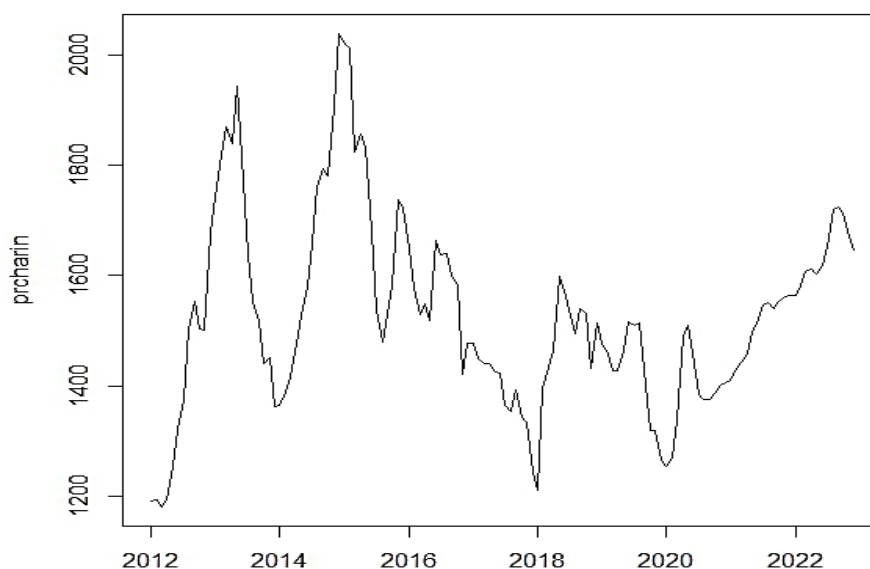


Figura 2.

Precio de exportación de la harina de pescado.



3.2. Análisis de prueba de estacionariedad

Se ha utilizado la programación “diff” para obtener la primera diferencia en ambas variables y de esta manera las series se vuelvan estacionarias, como se sabe para realizar un modelo ARIMA es importante que exista estacionariedad como criterio. Más adelante, se aplicó a cada una de las variables generadas la prueba del test de Dickey-Fuller Aumentado con el comando “adf.test” para detectar la estacionariedad.

Aparentemente las figuras 3 y 4, muestran estacionariedad, es decir los datos están alrededor de una misma media, pero es necesario suministrar una prueba estadística que valide los diferentes criterios.

Figura 3.

Primera diferencia del precio de exportación del aceite de pescado

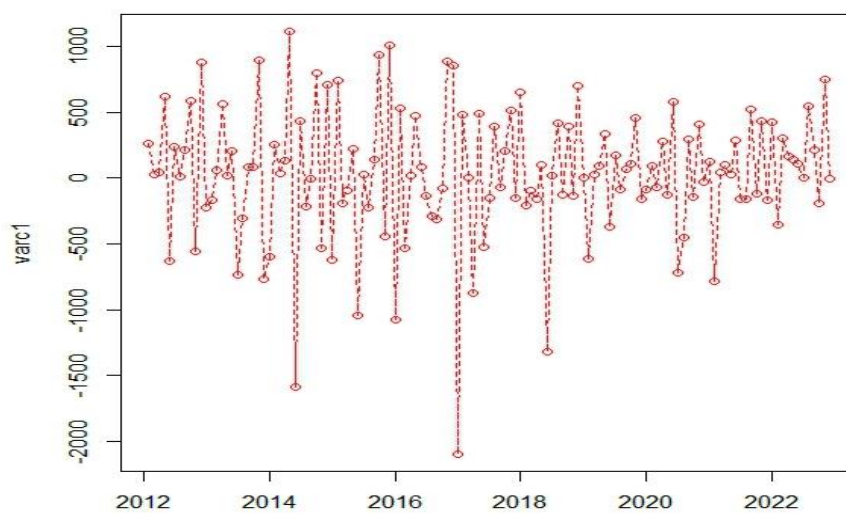
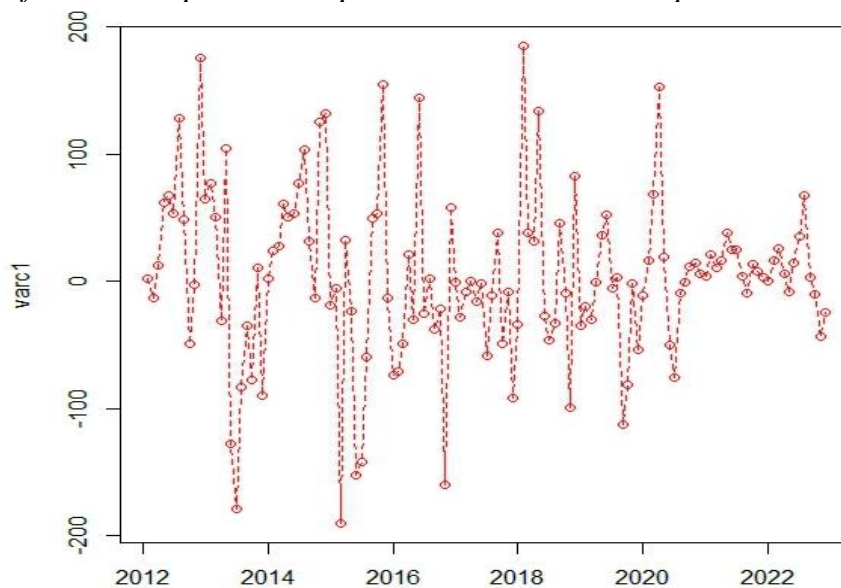


Figura 4.

Primera diferencia del precio de exportación de la harina de pescado



De acuerdo al test de Dickey-Fuller una serie es estacionaria cuando el p-value es menor a 0.05, de acuerdo a los resultados que se muestran en la tabla 1, el p-value es de 0.01 en ambas variables y se afirma que las series diferencias son estacionarias.

Tabla 1.

Análisis de raíz unitaria

Precio	Test Dickey-Fuller			
	Dickey-Fuller	Lag	Orderp-value	alternative Hypothesis
Aceite de pescado	-5.3566	5	0.01	stationary
Harina de pescado	-4.6847	5	0.01	stationary

3.3. Análisis de autocorrelación y autocorrelación parcial

Se aplica la función de autocorrelación y autocorrelación parcial para conocer el orden del modelo ARIMA para cada serie, es decir; la autocorrelación nos dirá cuántas medias móviles se emplearán y la autocorrelación parcial nos dirá cuántos autorregresivos tendrá nuestro modelo.

Las figuras 5 y 6, indican que los modelos ARIMA del aceite de pescado y la harina de pescado son de orden (2,1,4) y (1,1,2) respectivamente.

Figura 5.

Autocorrelación simple y parcial del precio de exportación del aceite de pescado

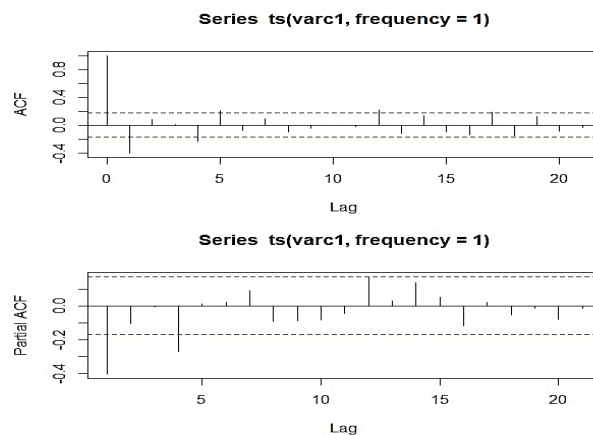
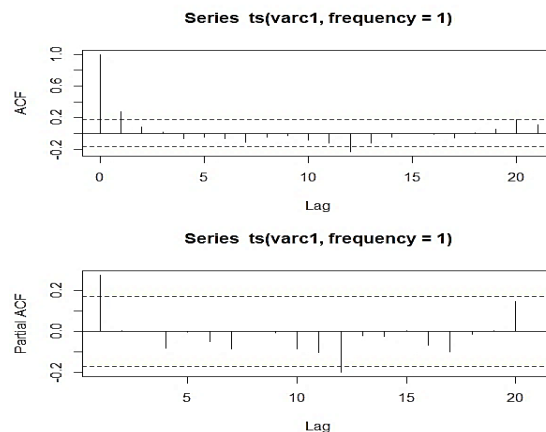


Figura 6.

Autocorrelación simple y parcial del precio de exportación de la harina de pescado



3.4. Modelamiento

3.4.1. Modelo del precio de exportación de aceite de pescado.

Para generar el modelo del precio de exportación del aceite de pescado se utilizó dos autorregresivos y cuatro medias móviles con la serie de tiempo original, tal y como se describe en la tabla 2 con los respectivos indicadores estadísticos.

Tabla 2.

Estimación del modelo ARIMA para el precio de exportación del aceite de pescado

	Coefficientes	S.E	Log likelihood	AIC
Ar1	-0.7822	0.3773		
Ar2	-0.2289	0.3128		
Ma1	0.3459	0.3672	-984.24	1982.49
Ma2	-0.0413	0.2046		
Ma3	-0.1117	0.1459		
Ma4	-0.2448	0.0912		

3.4.2. Modelo del precio de exportación de harina de pescado

Para el precio de exportación de la harina de pescado se utilizó un autorregresivo y 2 medias móviles con la serie de tiempo original, tal y como se describe en la tabla 3 con los respectivos indicadores estadísticos.

Tabla 3.

Estimación del modelo ARIMA para el precio de exportación de la harina de pescado

	Coefficientes	S.E	Log likelihood	AIC
Ar1	0.2844	0.5983		
Ma1	-0.0099	0.5971	-730.31	1468.63
Ma2	0.0032	0.1878		

3.5. Validación de los modelos

Se aplicó el estadístico Ljung-Box para comprobar si existe ruido blanco, es decir si los modelos obtenidos tienen un buen ajuste. Esta característica se obtendrá si el p-value es mayor a 0.05 lo que demuestra que el error tiene media igual a cero. Los resultados de la tabla 4, señalan que los modelos presentan un buen ajuste.

Tabla 4.

Prueba de Ljung-Box para el aceite de pescado y la harina de pescado

Test Ljung-Box	Aceite de pescado	Harina de pescado
X-squared	0.03494	5.74E-05
df	1	1
p-value	0.8517	0.994

3.6. Pronóstico del precio de exportación del aceite y la harina de pescado

3.6.1. Análisis de tablas

Luego de cumplir con el procedimiento para validar los modelos, se realizó el pronóstico para el precio de exportación del aceite y la harina de pescado en un periodo de 12 meses con los respectivos modelos de cada producto. La tabla 5, exhibe las predicciones con límites del 95 %

de confianza, estos son los intervalos (Lo 95 y Hi 95) donde se ubicaría el verdadero valor en un tiempo futuro, periodo 2023.

Tabla 5.

Valores proyectados para el precio de exportación del aceite de pescado (US\$ por toneladas)

Periodo	Point forecast	Lo 95	Hi 95
Ene-23	4850.896	3983.519	5718.273
Feb-23	4876.991	3881.312	5872.678
Mar-23	4647.301	3509.516	5785.085
Abr-23	4704.588	3464.939	5944.238
May-23	4712.353	3434.19	5990.515
Jun-23	4693.166	3332.654	6053.678
Jul-23	4706.397	3292.06	6120.734
Ago-23	4700.439	3226.932	6173.947
Set-23	4702.071	3172.434	6231.708
Oct-23	4702.158	3119.403	6284.914
Nov-23	4701.717	3066.633	6336.8
Dic-23	4702.042	3016.745	6387.339

La tabla 6, exhiben las predicciones con límites del 95% de confianza, estos son los intervalos (Lo 95 y Hi 95) donde se ubicaría el verdadero valor en un tiempo futuro, periodo 2023.

Tabla 6.

Valores proyectados para el precio de exportación del aceite de pescado (US\$ por toneladas)

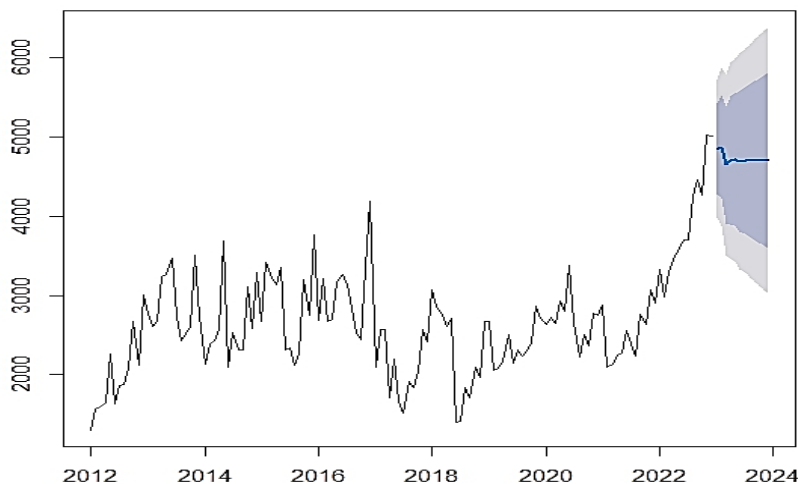
Periodo	Point forecast	Lo 95	Hi 95
Ene-23	1638.642	1536.606	1763.678
Feb-23	1636.602	1434.045	1839.159
Mar-23	1636.022	1371.89	1900.154
Abr-23	1635.857	1320.435	1951.279
May-23	1635.81	1275.949	1995.671
Jun-23	1635.797	1236.31	2035.283
Jul-23	1635.793	1200.244	2071.341
Ago-23	1635.792	1166.94	2104.644
Set-23	1635.791	1135.848	2135.735
Oct-23	1635.791	1106.579	2165.004
Nov-23	1635.791	1078.846	2192.736
Dic-23	1635.791	1052.431	2219.152

3.6.2. Análisis de gráfico

El precio de exportación del aceite de pescado en la figura 7, manifiesta que tendrá una tendencia a la baja siendo en el mes de marzo el punto más crítico con un valor de 4647,301 millones de dólares americanos por tonelada métrica, para luego tener un pequeño repunte en mayo (\$ 4712,353 por TM) y mantenerse dentro de esos niveles hasta diciembre del 2023.

Figura 7.

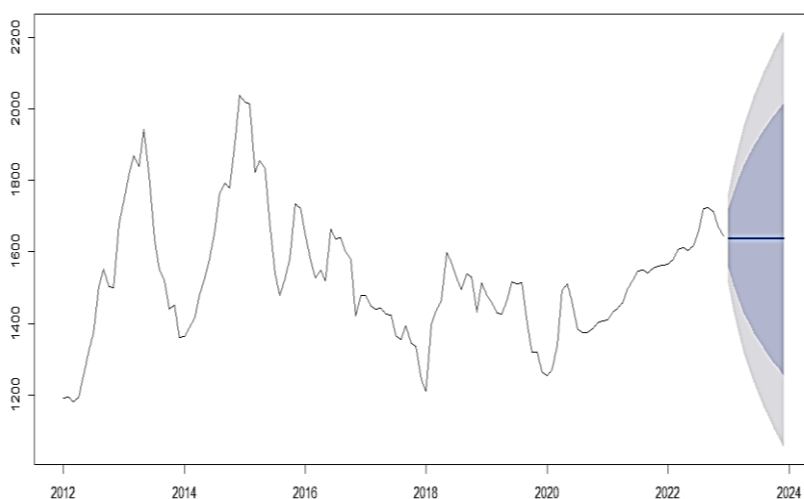
Precios proyectados de aceite de pescado, periodo 2023.



En cuanto al precio de exportación de la harina de pescado de la figura 8, se observa que tendría un comportamiento constante a lo largo del periodo de pronóstico. Siendo en enero el valor más alto de \$ 1638,642 por tonelada métrica y teniendo una pequeña disminución para el último mes de pronóstico con un precio de \$ 1635,791 por tonelada métrica.

Figura 8.

Precios proyectados de harina pescado, periodo 2023.



3.7. Análisis comparativo

Haciendo un comparativo entre los datos de enero del 2023 del Banco Central de Reserva del Perú y los valores obtenidos del modelo para el mismo periodo. Se aprecia que el valor de pronóstico para el precio de exportación de harina de pescado se aproxima con mayor significancia respecto al valor del BCRP para enero del 2023. Esto es explicado por el menor Criterio de Información de Akaike (AIC) en relación a los resultados del precio de exportación de aceite de pescado, el cual siguen siendo datos de gran importancia obtenidos del modelo que explican el precio con mucha precisión en ambos modelos. Además, el modelo del precio de exportación de la harina de pescado tiene mejor significancia estadística y es explicado por la menor cantidad de autorregresivos que presenta el modelo, tal como se puede apreciar en la tabla 7.

Tabla 7.*Análisis comparativo datos BCRP frente a los datos del modelo (predicción)*

Ene-23			
Precio	Datos del BCRP	Datos del modelo (predicción)	AIC
Aceite de pescado	5061.828	4850.896	1982.49
Harina de pescado	1626.016	1638.642	1468.63

4. CONCLUSIONES

Los modelos de series temporales toman patrones de datos históricos y usan esta información para predecir valores futuros. El estudio se encaminó en encontrar los mejores modelos para pronosticar el precio de exportación de mercado (commodities) del aceite y la harina de pescado en un rango de 12 meses. Para elegir el mejor modelo y luego pronosticar el precio de exportación de los productos anteriormente mencionados se aplicó el test de Ljung-Box, luego de cumplir con los requisitos necesarios se obtuvo que los modelos ARIMA (2,1,4) y (1,1,2) se ajustan mejor a los datos para ejecutar el pronóstico.

Los resultados del pronóstico en el rango previsto, para el aceite de pescado manifiesta que tendría una tendencia a la baja siendo en el mes de marzo el punto más crítico, para luego tener un pequeño repunte y mantenerse dentro de esos niveles. Por otro lado, para la harina de pescado proyecta una tendencia lateral, es decir el precio se desplaza entre fuertes niveles de soporte y fuertes niveles de resistencia. Los modelos generados en este documento podrían ser de uso para las empresas involucradas en la cadena productiva del sector estudiado, esto permitirá mejorar los procesos de control, planeación financiera y decisiones en el marco del crecimiento económico y productivo de las empresas, región y país.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Banco Central de Reserva del Perú. (2022). Información estadística de variables económicas. Obtenido del enlace: <https://www.bcrp.gob.pe/estadisticas.html>

Comisión de Promoción del Perú para la Exportación y el Turismo (PROMPERÚ). (2022). Obtenido de <https://institucional.promperu.gob.pe/>

FAO. (2002). El estado de los recursos pesqueros: tendencias de la producción, aprovechamiento y comercio. Obtenido del enlace: [https://www.fao.org/3/y7300s/y7300s04.htm#:~:text=La%20producci%C3%B3n%20mundial%20de%20la,total%20de%20prote%C3%ADnas%20animales%20\(Cuadros](https://www.fao.org/3/y7300s/y7300s04.htm#:~:text=La%20producci%C3%B3n%20mundial%20de%20la,total%20de%20prote%C3%ADnas%20animales%20(Cuadros)

FAO. (2022). Obtenido del enlace: <https://www.fao.org/3/cc0461es/cc0461es.pdf>

Silva, R. F., Barreira, B. L., & Cugnasca, C. E. (2021). Predicción de precios de maíz y azúcar mediante aprendizaje automático, econometría y modelos de conjuntos. Procedimientos de Ingeniería. doi: <https://doi.org/10.3390/engproc2021009031>

Sociedad de Comercio Exterior del Perú. (2021). Obtenido de <https://www.comexperu.org.pe/articulo/exportaciones-pesqueras-aumentan-un-427-en-enero-de-2021>

Tatarintsev, M., Korchagin, S., Nikitin, P., Gorjova, R., Bystrenina, I., & Serdechnyy, D. (2021). Analisis del Precio Previsto como Factor de Desarrollo Sostenible de la Agricultura. *Agronomía* 2021. doi: <https://doi.org/10.3390/agronomy11061235>.

Snacks a partir de productos de mar, pseudocereales y edulcorantes naturales Snacks to from products of sea, pseudocereals and natural sweeteners

Guido Martin Gómez Zapata¹, Emanuel Moisés Rosas Castillo¹, Fermín Máximo Saavedra Cano¹
Universidad Nacional de Frontera, Sullana, Piura, Perú.

RESUMEN

La desnutrición infantil es uno de los problemas que más aqueja a la sociedad, generando alrededor de 7000 decesos infantiles a diario en todo el mundo (UNICEF, 2018). La región Piura presenta índices de desnutrición en torno a 13.1% en niños menores de 5 años reportados durante los últimos años por el Ministerio de Salud del Perú. La desnutrición infantil se resume en el nulo o bajo consumo de nutrientes, al ingerir alimentos de bajo aporte nutricional. Es así que el presente trabajo tiene por objetivo revisar la bibliografía existente respecto a la obtención de snacks empleando productos de mar, pseudocereales y edulcorantes poco procesados que permitan una futura oferta alimentaria, aprovechando los recursos con que cuenta la región (pota y zumo de caña de azúcar). Recopilando artículos de investigación en las bases de datos: Taylor and Francis, Science Direct, Google Académico, Springer y repositorios de universidades peruanas. Los resultados muestran distintos estudios experimentales empleando principalmente pota (*Dosidicus gigas*); quinua (*Chenopodium quinoa*); kiwicha (*Amaranthus caudatus*); Stevia (*Stevia rebaudiana*); con cualidades nutricionales y sensoriales aceptables.

Palabras Clave: Alimentos funcionales; snack; pseudocereales

ABSTRACT

Child malnutrition is one of the problems that most afflicts society, generating around 7,000 child deaths daily worldwide (UNICEF, 2018). The Piura region presents malnutrition rates around 13.1% in children under 5 years old reported during the last years by the Peruvian Ministry of Health. Child malnutrition is summarized in the null or low consumption of nutrients, by ingesting foods with low nutritional intake. Thus, the objective of this study is to review the existing literature on the production of snacks using seafood products, pseudocereals and sweeteners with little processing that will allow a future food supply, taking advantage of the resources available in the region (squid and sugar cane juice). Compiling research articles in the following databases: Taylor and Francis, Science Direct, Google Scholar, Springer, Peruvian university repositories. The results show different experimental studies using mainly pota (*Dosidicus gigas*); quinoa (*Chenopodium quinoa*); kiwicha (*Amaranthus caudatus*); Stevia (*Stevia rebaudiana*); with acceptable nutritional and sensory qualities.

Keywords: Functional Foods; snack; pseudo cereals

¹ Universidad Nacional de Frontera, Sullana, Piura, Perú. EMAIL: 2015103029@unf.edu.pe

1. INTRODUCCIÓN

La ciencia nutricional muestra que la dieta tiene un gran impacto en la salud y, al mismo tiempo, puede establecer algunas normas temporales sobre lo que constituye una nutrición adecuada. De esta forma, la población ahora tiene una nueva perspectiva sobre el consumo de alimentos, hace algunas décadas, la gente ya no estaba acostumbrada a productos especiales, sino que buscaba nuevos alimentos y productos. Además, como resultado de la investigación, también se ha desarrollado la contribución a la nutrición en los niños. En este argumento nutricional, la proteína juega un rol vital en lo que concierne a la nutrición humana debido a la contribución de aminoácidos y sus propiedades funcionales en la dieta diaria.

Según Aro (2017) en los países de desarrollo es bien conocido esta problemática de la desnutrición, por desconocer de iniciativas dietéticas equilibradas y que sean de un moderado o bajo precio, lo cual está ligado a dos defectos: falta de proteína y energía” convirtiéndose la desnutrición en un problema mundial. La OMS (2019) anualmente fallecen aproximadamente 7.6 millones de infantes que se encuentran por debajo de los 5 años, y un tercio de las muertes están relacionadas con la desnutrición. La desnutrición es un "círculo vicioso", que se debe al bajo peso al nacer del bebé de una mujer desnutrida, incrementando así las probabilidades de convertir en una víctima más de la desnutrición al bebé, y si es mujer, el ciclo se repetirá. Como resultado, la inteligencia y las capacidades cognitivas de los niños se ven afectadas, lo que hace que los niños no puedan desarrollarse de la mejor manera y reducen su trabajo escolar y el resto de sus vidas (Unicef, 2019).

De esta forma, se afirma que la “desnutrición crónica infantil” se convierte en un problema primordial frente a la salud pública del país del Perú, un país con 19.5% en infantes de cero a cinco años de edad. Dieciséis sectores en el país tienen cifras más altas que el promedio nacional, y siete de ellos tienen una tasa de prevalencia superior al 30%. Este es el umbral mundial establecido por la OMS para concluir que, la “desnutrición crónica infantil” es una problemática de alto nivel. Según el INEI (2018) hubo altas tasas de desnutrición y anemia crónica en: Ayacucho (20,2%), Cajamarca (27.4%), Lima (33.3%), Puno (67.7%), Huancavelica (32%), Huánuco (22.4%), Amazonas (20.4%), Apurímac (20.1%), Loreto (20%). En junio del siguiente año el Minsa informó que más de 15 mil niños menores de 5 años del distrito de Callao y Ventanilla padecen de anemia.

La proteína tiene su calidad ligada a la composición de sus aminoácidos (los elementos estructurales que la componen) y de su digestibilidad. Si la proteína presenta ausencia de 1 a más aminoácidos esenciales, la calidad será baja. Los aminoácidos esenciales que más carecen de proteínas se denominan "aminoácidos restrictivos". El cuerpo humano sintetiza 14 tipos de aminoácidos a partir de suficiente nitrógeno, y ciertos alimentos de la dieta proporcionan aquellos aminoácidos (aminoácidos esenciales) que no pueden sintetizarse a la velocidad y cantidad requeridas. Ettinger (2019) afirma que estos son la: “leucina; lisina, fenilalanina, treonina, triptófano, valina, isoleucina, metionina” y se les considera la histidina en los bebés.

La kiwicha es un alimento de alta calidad nutricional. Su principal ventaja es el contenido de proteínas y la calidad, siendo el contenido de proteínas entre el 15-18%, pero lo importante es que tiene un buen equilibrio a nivel de aminoácidos. (Martínez et al., 2019; Millán et al., 2020; Rodríguez et al., 2018). El contenido de grasas saludables varía del 5% al 8%. El carbohidrato más abundante es el almidón, que tiene una concentración de alrededor del 62%, además las hojas que emiten las semillas durante la germinación son ricas en minerales, como hierro, calcio y magnesio. Las vitaminas son vitamina A y C. (Ortega et al., 2009; Pérez, Castillo, & González, 2019).

Por otro lado, en el sector pesquero, la pota (*Dosidicus gigas*) es una especie principal que sostiene esta actividad primaria. Este se considera el recurso más significativo de todos los cefalópodos oceánicos del océano Pacífico Sudeste (Lazo, 2017, p. 78).

El concentrado proteico del calamar extraído del calamar (*Dosidicus gigas*) es el recurso biológico acuático de nuestro Mar del Perú, y también es el aporte de ciertos componentes, la proteína necesaria puede hacer del producto un alimento saludable y rico para las personas que lo consumen. Asimismo, la pulpa de calamar se considera fuente excelente de proteínas, pues contiene los llamados “aminoácidos esenciales” además del elevado contenido en “ácidos grasos poliinsaturados” (Kreuzer, 2015, p. 121), por lo que se recomienda comer calamar en calamar. Dieta de los niños porque es nutritiva y fácil de digerir. Por eso es conveniente promover el procesamiento de snack, porque se promueve el consumo de granos como sustitutos de alimentos nutritivos y saludables, tienen un amplio abanico de usos y tienen varias marcas y sabores. Ahora se ha convertido en una alternativa sana y sencilla al desayuno o la merienda (Olivera, 2019, p. 98).

En ese sentido, se plantea como objetivo general: Revisar la bibliografía existente respecto a la obtención de snacks empleando productos de mar, pseudocereales y edulcorantes poco procesados que permitan una futura oferta alimentaria. Para lo cual, se efectúa una revisión de investigaciones científicas relacionados sobre el aprovechamiento de los recursos hidrobiológicos, cereales andinos y edulcorantes, las bases de datos empleados fueron: Repositorios de universidades peruanas y extranjeras; Science Direct; Scopus; Springer; Scielo en el buscador de Google Scholar.

2. MÉTODOS Y MATERIALES

La característica de las materias primas es primordial en cuanto a la condiciones en que es procesado o elaborado para lograr una gran calidad del producto final (Saravia Sánchez, 2018). En este caso, la totalidad de los autores han elegido a la pota como materia prima principal por su alto contenido proteico y a su vez para aprovechamiento de esta que no es tan consumida en la región Piura, sin embargo, es muy exportada. Al igual que la pota la mayoría de autores utilizan la Kiwicha (*Amaranthus caudatus*) como complemento y fuente enriquecedora por su alto contenido en proteínas y fibra dietética. Según Repo, C et al. (2014), afirma que contiene compuestos bioactivos tales como los fenólicos.

Tabla 1.

Comparación de los resultados obtenidos de los estudios de harina de pota y pota entera.

Cantidad %	Autores				Componente
	Espinoza, K; (2017)	Salcedo, F;(2015)	Paucar, (2013)	A; Palomino, K;(2018)	
	Harina de Pota		Pota	100 gr de pota	
	85.42	15.3	14.1	18.94	Proteína
	5.34	82.8	85.3	79.5	Humedad
	2.65	0.7	0.5	0.39	Grasa
	4.84	1.1	1.2	1.5	Ceniza

Nota. Esta tabla muestra como varían los resultados de los diferentes productos finales de acuerdo a los procesos y a la materia prima.

Respecto al estudio realizado Espinoza (2017) de la presente tabla en su investigación sobre el Desarrollo de un Snack a partir de maíz enriquecido con H. de pota precocida y determinación de su vida útil, la harina de pota obtuvo un porcentaje mayor en proteínas (85.42%) mientras que Salcedo (2015) realizó un análisis químico de la pota dando como resultado 15,30%, por consiguiente, Paucar, A. (2013) tiene un 11,43% de proteína, así mismo Palomino (2018) obtuvo un 18,94% en proteínas. Por ello al analizar estos resultados los investigadores ponen en manifiesto utilizar harina de pota que contiene un mayor porcentaje de proteínas por lo cual se obtendrá un producto de mayor valor proteico. En cuanto a humedad como podemos apreciar la pota posee un porcentaje sumamente mayor como lo mencionan sus investigaciones Salcedo (2015) con un 82.8%; Palomino (2018) con un 79.5% y Paucar (2013) con un 85.3%.

Una de las grandes desventajas de utilizar la pota es por su sabor ácido amargo en cuanto a la eliminación de ese sabor característico se encuentra asociado con los componentes hidrosolubles, lo cual están compuestos por nitrógeno no proteico (NH₄CL, Trimetilamina (TMA), aminoácidos y péptidos). Maza et al. (2013) indica que “existen dos métodos de remoción del sabor ácido amargo, (1)remoción por cocción y (2) remoción por lixiviación. Ésta última requiere una mayor superficie de contacto, por ello recomienda cortar el manto en láminas delgadas de unos 10 mm de espesor”. Así mismo el autor también certifica que el mejor método para disminuir el sabor ácido amargo recomienda realizar lavados sucesivos a través del método de lixiviación. (p.65).

Un estudio llevado a cabo por Maza et al. (2013), en su artículo usaron daruma de pota dando forma de anillas para lograr disminuir el sabor ácido amargo, lavándolo constantemente en “medios ácidos (ácido cítrico) /alcalina (bicarbonato) y neutralizantes (solución tampón citrato/ tampón fosfato)”, donde consiguieron eliminar una gran proporción de compuestos amoniacaes luego de 10 horas, logrando así la reducción del sabor ácido amargo. Según Yenque (2016) define que en el proceso de cocción se da 2 tipos de fenómenos (químico y físico) esto quiere decir que la daruma de pota cuando está en contacto con agua caliente inmediatamente pierde agua por coagulación de la proteína, con el propósito de eliminar el amoniaco tal como lo hace Palomino, M. (2018) que aplica un tratamiento en un lapso de siete horas y media para eliminarlo en un 90 y 93% debido a que este es el responsable del desagradable sabor.

Por otro lado, según Bustamante (2014), realizó un concentrado proteico de pota (*Dosidicus gigas*) en pruebas experimentales en el cual recomienda que debe lograr una cantidad máxima de 2 horas de secado para obtener una humedad adecuada y ser utilizada en la barra de cereal coincidiendo así con lo que expresa el autor Yenque, K. (2016), que elaboró unas barras energéticas a partir de kiwicha, enriqueciéndolo con C.P.P. en el cual obtuvo un crecimiento de proteína de 19,3% y 7,3% de fibra por lo que el producto logró una alternativa muy novedosa en la alimentación.

Yenque (2016) recomienda que las barras de cereal sometidas a pruebas sensoriales deben ser elaboradas con un material ligante de 40% y 60% ya que este logrará tener una excelente textura y sabor en el producto terminado. Así mismo determinó su rendimiento total de las barras de cereales con concentrado proteico de pota (CPP) a un 91.57%, además asegura que los cereales alto andinos son inocuos y tienen un porcentaje excelente de valor nutricional y no presentan contaminación microbológica.

La Kiwicha tiene un alto valor nutritivo, Saravia (2018) en su investigación realizó tres tipos de formulaciones distintas utilizando la pota, la harina de Kiwicha y Quinoa de la siguiente manera:

Tabla 2.

Tipos de formulaciones aplicando pota, harina de quinua y kiwicha

Pota (<i>Dosidicus gigas</i>)	Harina de Kiwicha y Quinoa
90%	10%
85%	15%
80%	20%

Nota. Esta tabla muestra tres tipos diferentes de formulaciones que utilizó el autor para evaluar al mejor tratamiento de las muestras aplicando harina de kiwicha y quinua.

Fuente. Saravia, S. (2018).

Lo cual de acuerdo al análisis estadístico con un valor de ($P < 0,05$) existió diferencia significativa, el mejor tratamiento fue de 7,5 por ciento para ambas harinas (harina de quinua y harina de kiwicha), asimismo 85% de pota, por ende, fue el mejor tratamiento, concluyendo que los parámetros exactos para la elaboración, requiere que la pota se mantenga a un pH de 6,1; una temperatura de 7.0 °C para la cocción y 180°C para la fritura. Cabe resaltar que el Snack de Calamar y Kiwicha será un buen aliado para poder disminuir la desnutrición infantil que enfrenta el país.

Por consiguiente, según Basilio (2020) realizó una combinación de Kiwicha y quinua obteniendo así mezcla alimenticia aplicando el método de extrusión ya que afirma que gracias a esta tecnología se obtiene numerosas ventajas con respecto a diferentes métodos tales como desnaturalización de la proteína, cambios en la fibra dietaria; de esta forma mejora sus características como la digestibilidad del almidón, proteínas, solubilidad y absorción en agua e induce a realizar estudios con respecto a este tema puesto que las investigaciones existentes fueron hechas con otros granos o después de la separación de grasa en el proceso. Además, este proceso evita que los nutrientes se deterioren y que esté libre de microorganismos, por ello este proceso se realiza en corto tiempo a altas temperaturas. Acorde con Kowalski, et al. (2016) indican que la extrusión se ve influenciada por la composición de la M.P. y que está también cambia de acuerdo a las variedades de estos granos andinos. En conclusión, es un excelente método y también acopla diversas operaciones unitarias que incluyen amasar, moldear, mezclar para producir una variedad de productos como: harinas instantáneas, galletas, cereales.

Por otra parte, los autores de esa corriente aplican el uso de hidrolizado proteico por el método enzimático, tal es así que, Sánchez (2017) ha demostrado que estas aplicaciones son de gran importancia para formular dietas en niños utilizando al Nitrógeno como fuente principal. Las dietas entéricas son diseñadas con el propósito de adsorberse en el intestino y con estas se tratan a pacientes con malnutrición y desordenes estomacales.

En la tabla se detalla la caracterización del producto terminado lo cual concierne a hojuelas de pota comparándola con una hojuela de la conocida empresa Nestlé. Reveló semejanza en valores de carbohidratos, humedad y que presenta mayor cantidad de proteínas. También se aprecia que tiene una mayor cantidad de fibra la hojuela comercial debido a que es más destinado para este fin. Salcedo (2015).

Los autores de esa corriente recalcan que este recurso hidrobiológico posee una mayor cantidad de agua, ya que es primordial por su numerosa cantidad de proteína que tiene, por ello garantiza que debe ser aplicada o utilizada en barras de cereales.

Por otra parte, el autor Paucar (2013) aplicó Stevia en hojuelas dulces de pota enriquecido con quinua debido a que esta no tiene calorías, tiene beneficios en la presión arterial y en la absorción de la grasa; así mismo contiene un mayor dulzor que el del azúcar (200-300 más). Del mismo modo posee propiedades hipoglucémicas, además de vitaminas, proteínas, minerales y carbohidratos.

Tabla 3.

Comparación de los valores nutricionales en diferentes tipos de hojuelas.

Componentes	Hojuela Dulce de Pota con Harina de Quinua	Hojuela Dulce de Pota Usando Stevia Enriquecido con Quinua	Hojuela Comercial Fitness
Humedad	5.24	2.67	5.0
Proteínas	13.1	11.43	8.9
Grasa	0.7	33.78	2.30
Fibra	0.3	-	8.7
Carbohidratos	79.1	49.94	75.1
Cenizas	1.2	2.18	5.0

Nota. Esta tabla muestra tres tipos de hojuelas de las cuales la comercial es la de menor cantidad proteica y las restantes con proporciones similares.

La organización Mundial de la salud (OMS) y la Autoridad Europea de la seguridad alimentaria (EFSA) sugiere una dosis máx. de 4mg/kg por peso corporal de acuerdo a un artículo anunciado en el año 2008, es decir en un promedio de 70 kg que pese una persona debe ingerir hasta 280mg de un extracto de Stevia sin generar ningún daño a la salud (Paucar, 2013). Esta iniciativa constituye un paso para nuestra investigación dado que no se tomó la Stevia por el precio elevado que tiene en el mercado peruano, si no como referencia el zumo de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) lo cual tiene un precio más económico y accesible a cualquier estatus de la sociedad.

En este sentido Quezada, Jonathan. (2015) en su estudio titulado “Determinación e información del consumo de jugo de caña” que es una fuente de energía y glucosa natural e hidrata. Puede ser utilizada como bebida sustituta.

Para Subiros (2012) este alimento también es distinguido como un elemento medicinal que aporta muchas ventajas en la salud, lo cual sugiere aplicar para aumentar las defensas, y prevenir dolores provocados por resfríos. Este autor asegura que consumir dicho jugo soluciona enfermedades renales y urinarias, actualmente estos enfermos muestran resultados positivos su mejoría al beber o masticar trozos de caña; incluso pueden llegar a contrarrestar ciertos tipos de cáncer.

Una de las ventajas que menciona Figuerola (2011) es que los enfermos de diabetes pueden consumir la caña de azúcar sin riesgo, debido a que no contiene azúcares simples, sino naturales. Véase la siguiente tabla:

Tabla 4.*Composición química de la caña de azúcar*

Componentes	Sólidos solubles (masa%)
Azúcar	75-92
Energía	46
Calcio	30
Glucosidos	11.9
Sacarosa	70-88
Glucosa	2-4
Fructuosa	2-4
Sales	3-4.5
Acidos Inorgánicos	1.5-4.5
Acidos Orgánicos	1-3
Aminoácidos	0.5-2.5
Otros azucares no inorgánicos	
Proteínas	0.5-0.6
Almidón	0.001-0.050
Otros	3.0-5.0

Nota. Composición del alto valor nutricional que posee la caña de azúcar.

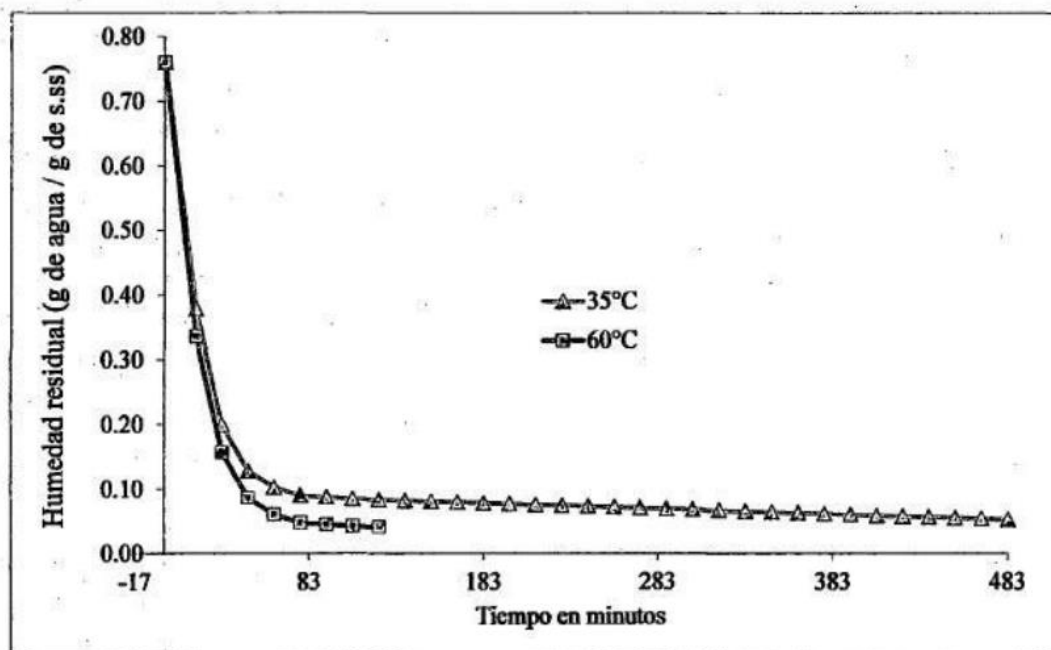
Fuente. Kowalski, et al. (2016).

El autor Salcedo (2015) en su elaboración de hojuela dulce a partir del manto molido de pota con quinua realiza una selección de T° de secado donde evaluó 2 temperaturas: la primera de 35° C (tratamiento 1) y la segunda de 60° C (tratamiento 2) utilizando un secador con aire de alimentación vertical. Dando como resultado en una T° de 35° C aplicado a un peso de 1 kg con 370 gramos y una humedad inicial (Hi) de 43.2 dio lugar a un tiempo de secado de 483 min. Alcanzando a reducir la humedad hasta en un 4.99 % y en una T° de 60° C permitió un tiempo de secado de 72 min, reduciendo así a un 5% de humedad.

Con respecto a los análisis microbiológicos, se encuentran debajo de la normativa de técnicas peruanas de alimentos (NTP-209.260) para determinar la vida útil del producto, lo cual sugieren tomar en cuenta como principal factor la humedad que es el causante del deterioro en cualquier alimento o producto, además para asegurar el producto se evalúa el valor de calidad total y que se encuentren debidamente refrigerados y almacenados, puesto que a temperaturas mayores se incrementa la proliferación de microorganismos (Salcedo, 2015).

Los cambios en el recuento de M.O. indicadores índices de alteración tal como los aerobios, mesófilos indican el nivel de aceptación de los productos alimentarios durante el tiempo de almacenamiento cumplen con la normativa sanitaria. García de Fernando, et al. (2016) señala que los productos marinos congelados su vida útil no vienen afectadas microbiológicamente, sino que se da por cambios oxidativos al momento del almacenamiento en congelación.

Concluyendo que el segundo tratamiento fue más eficiente puesto que lo hizo en un menor tiempo de secado. La comparación se detalla en la presente figura:

Figura 1.*Comparación de tiempo de secado a diferentes temperaturas*

Nota. Curva de Secado para la hojuela dulce de pota con harina quinua a 35 y 60°C Adaptado de Salcedo (2015).

Por lo consiguiente que es un alimento que contiene grasa se debe tomar en cuenta los valores de peróxidos que afectan la conservación del producto, y en cuanto a la humedad se debe considerar los niveles de levaduras y mohos. Según Badui (2017) afirma que un producto debe tener un máximo de A_w de 0.86 y se debe almacenar en condiciones adecuadas para así lograr obtener una mejor vida útil del producto y que esta no presente un desarrollo microbiano.

Estudios previos han demostrado que no existen que sus productos hayan tenido contaminación a T° ambiente y almacenando sus productos, en conclusión, permanecen estables estos valores. Coincidió con Espinoza (2017) que obtuvo los mismos resultados en el producto final del Snack extruido lo cual cabe indicar que ambos han mantenido la calidad sanitaria y cumplen con las exigencias de la norma sanitaria para la fabricación de alimentos a base de granos (RM N° 450-2006/MINSA) y otros destinados a programa sociales de alimentación, así mismo Salcedo (2015) en sus resultados microbiológicos de hojuela dulce sus valores se encuentran dentro de los requisitos de la Normas Técnica Peruana -209.260 en alimentos cocidos de reconstitución instantánea.

Respecto a los estudios originales Bustamante (2014) recomienda investigar la estabilidad lipídica de las barras de cereales, así mismo como la digestibilidad in vivo y para lograr reducir los costos del producto sean aplicados con otro material ligante.

Tabla 5.

Análisis microbiológico de las barras de cereales altoandinos con concentrado proteico de pota inmediatamente después de ser elaboradas.

Parámetros	Cantidad
Coliformes Totales (UFC/g)	<10
Mohos y Levaduras (UFC/g)	<10
Escherichia Coli (UFC/g)	<10

Nota. Esta tabla muestra los análisis microbiológicos que fueron sometidos en las barras de cereales altoandinos lo cual permitió comprobar al autor que no existía contaminación en el almacenamiento y temperatura ambiente.

Fuente. Fernando, et al. (2016).

Por otro lado, Paucar (2013) en su trabajo de investigación pone en manifiesto que existen alteraciones durante la fritura que hay que tomar en cuenta al momento de elaborar estas hojuelas o snack que pasen por este proceso ya que son fenómenos químicos y físicos entre ellos son:

- 1) Fenómenos de transporte o transferencia: Estas se pueden dar de la presente forma:
 - a) “Se transfiere agua contenida en el alimento hacia el medio de fritura para luego evaporarse”.
 - b) “Adsorción y absorción de compuestos alterables del aceite”. Aquellos fenómenos son dependientes de la capacidad que tiene el aceite de fritura para penetrar, por lo tanto, es afectado por elementos como el tiempo y la T° y sobre todo lo que caracteriza al alimento (forma, humedad, estructura, porosidad, superficie).
- 2) Los componentes lipídicos migran entre los productos que se encuentran en relación, ya que debido a esto ocasiona que se produzca cambios en el alimento.
- 3) La transferencia de calor origina nuevas sustancias provocadas en el origen del alimento (deshidratación, interacciones químicas).
- 4) Degradación de proteínas, reacción de Maillard, reacción de pirolisis, polimerización y condensación. Cabe recalcar que hay productos lácteos que a consecuencia de la reacción Maillard produce efectos que son indeseables. Por ello, en la industria alimentaria es obligatorio inspeccionar la reacción Maillard como controlar la T°, pH, Aw, asimismo; cuando se determinan los ingredientes, almacenamientos apropiados, empaques y aditivos.
- 5) Fracción lipídica del alimento durante la oxidación: Los lípidos sometidos a frituras tienden a ser oxidados, causado por elevadas T°, pero con un límite de concentración de O₂.
- 6) Muchas vitaminas son vulnerables a T° elevadas, a su oxidación y retención en el alimento que depende más de la T° interna del producto y no de la T° de fritura, los cuales menciona que las vitaminas más afectadas de este proceso son del grupo B tales como la riboflavina, tiamina, vitamina B6 y niacina.

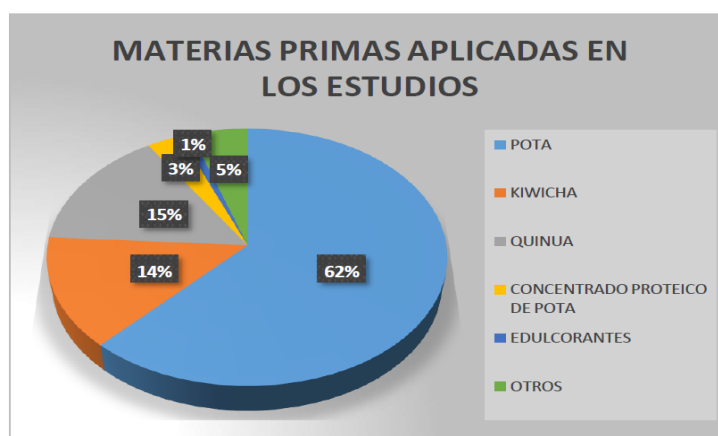
3. RESULTADOS Y DISCUSIONES

Se han encontrado que: de la totalidad de estudios revisados; el 62% de investigadores, emplearon pota como ingrediente principal para elaborar productos destinados para infantes, sin embargo, algunos autores refuerzan esta materia prima mediante un concentrado proteico (3%) con la finalidad de mejorar sus cualidades nutricionales.

En cuanto al uso de pseudocereales, la quinua fue aprovechada en un 15%; mientras que la kiwicha en un 14%, debido a su capacidad para enriquecer su nivel proteico. Por otro lado, el 1% hace de autores evidencian trabajos realizados haciendo uso de edulcorantes naturales en sus formulaciones; de modo que el producto pueda ser consumido por personas que padecen ciertas enfermedades como diabetes u obesidad y un 5%, añaden otros productos que también consideran beneficiosos.

Figura 2.

Utilización de Materias Primas en las Presentes Investigaciones



Nota. Los edulcorantes, kiwicha y quinua son los mas empleados en la formulación del snack.

Tabla 6.

Principales alimentos infantiles elaborados a partir de productos de mar, cereales andinos y edulcorantes.

Nombre 'Artículo	Autor y año	Finalidad	Resultados y conclusiones
Efecto de tres niveles de concentración de granos andinos sobre el Snack de	Saravia, S. 2018	Elaboró un Snack de pota enriquecido y fortalecido con quinua y Kiwicha y analizó las consecuencias de la adición de estos	Porcentaje de harina de quinua (7.5%), y de kiwicha (7.5%) en un total de 37.5gr. Temperatura (5°C) de MP congelada, cocido a 100°C, en un tiempo de 2 a 3 min, fritura (4 min), T de freído (180°C). Análisis estadístico

<p>calamar y su impacto nutricional.</p>		<p>granos andinos en el proceso con la materia prima para aumentar el valor nutricional como lograr determinar la fórmula óptima y aceptación sensorial y análisis microbiológico.</p>	<p>(p-valor < 0.05); se destacó en 385 de puntuación que corresponden al (15 %) de granos andinos con (85 %) de pota, dado el porcentaje fue el mejor tratamiento. Análisis químico: 32.9 g en proteínas, 152g en carbohidratos, 11.3 g en grasa, 8.1 mg en Hierro, 495 mg en Calcio, 330 Kcal en energía, 0,32 mg en tiamina, 310 mg en Fosforo, ácido ascórbico (2.1 mg). Resultados microbiológicos totales (950 ufc /g), Staphylococcus (0 ufc /g), Clostridium (0ufc/g) no presenta Salmonella (25 g), levaduras y mohos (<10 ufc /g).</p>
<p>Formulación y caracterización de barras energéticas a base de Kiwicha (<i>Amaranthus Caudatus Linaaeus</i>) expandida enriquecidas con concentrado proteico de pota (<i>Dosidicus gigas</i>)</p>	<p>Yenque, K. 2016</p>	<p>Caracterizar y formular las barras energéticas utilizando concentrado proteico de pota a base de kiwicha, lograr determinar los porcentajes adecuados y aceptabilidad como también caracterizar microbiológicamente tanto como física y química</p>	<p>Fibra (7,3%), Proteína (19,3%), kiwicha expandida aportó una humedad (0,2%), grasas (6,5%), cenizas (2,6%), proteína (15,2), concentrado proteico de pota de proteína (93,1%), grasa (0,6%), humedad (3,2%). Análisis sensorial más aceptable (F3): kiwicha (35%), concentrado proteico de pota (6%). Análisis proximal (F3) en porción (30g), kcal (112.2) aporte de proteína (5,4), fibra (2gr), grasa (1,9gr), ceniza (0,3%), carbohidratos (18,3%), humedad (6,8%). Pruebas microbiológicas en barras energéticas en mohos</p>

			(3x10 ⁶ UFC/g), bacillus cereus (<10UFC/g) y ausencia en salmonella sp.
Obtención de una mezcla alimenticia a partir de quinua (Chenopodium quinoa) y Kiwicha (Amaranthus caudatus) extruidas, y tarwi (Lupinus mutabilis)”	Basilio, J. 2020 Realizó extrusión de H.Q. pasankalla y Kiwicha centenario y mezclar H. de tarwi para la obtención de una mezcla proteica. Evaluó el efecto de la T° de extrusión y RHi como también evaluar la textura, la cantidad y calidad de proteína, lograr el nivel máximo de aminoácidos.	Extrusión de kiwicha su Humedad inicial (14%), T° extrusión (190°C), deseabilidad (0,8), IIA (101 umol trolox/g de CA-DPPH, ISA (61,5°C) y 34.5 mg AGE/100 g de FT y 100% de GG. Extrusión quinua fue de humedad inicial (14%), T extrusión (190°c), 0.86 en deseabilidad, y se obtuvo 26.4% ISA, 8.1 g/g de IAA, 421.7 umol trolox/g de CA-DPPH y 140.2 mg AGE/100 g de FT y 92% de GG. La mezcla sobresaliente: (37,5%) Harina de Quinua extruida, (59,2%) Harina de kiwicha extruida, (3,3%) de Harina de Tarwi, logrando tener un 0,9 % de deseabilidad, aminoácidos (0,89), proteína (16%), sensorial (7%).	
Desarrollo de un Snack extruido a base de maíz enriquecido con harina de pota y determinación de su vida útil	Espinoza, K. 2017 Obtención de un snack extruido a partir de polenta cruda de maíz enriquecido con H. de pota precocida.	Snack extruido: HPP (4%), arroz (18.5%), polenta cruda de maíz (60%), Harina de Kiwicha (15%), leche en polvo (2.5%). Parámetros: Humedad de la mezcla (12,6%), proteína (16.8%), grasa (1.89%), humedad del producto (5.35%), ceniza (2.01%), fibra (1.05%) y carbohidratos (61.3%). Resultado microbiológico < 10 ufc/g.	

<p>Hojuelas dulces de pota (Dositicus gigas) usando edulcorante Stevia enriquecido con quinua (Chenopodium quinoa willdenow)</p>	<p>Paucar, A. 2013</p>	<p>Obtuvo un producto de pota en presentación de hojuelas dulces añadiendo stevia y quinua para mejorar sus propiedades fisicoquímicas.</p>	<p>Edulcorante Stevia (0,3%), harina de quinua (15%), en la cual su composición química dio como resultado los siguientes porcentajes: 11.4% de proteína; 2.2% de ceniza; 2,6% de humedad; 33,8% de grasa, carbohidratos (49,9%). Rendimiento total (40.8%).</p>
<p>Elaboración de aros empanizados a partir de manto de pota (Dositicus gigas) con inclusión de granos andinos.</p>	<p>Palomino, K. 2018</p>	<p>Elaboró aros empanizados de la daruma de pota añadiendo kiwicha y quinua en el rebozado y empanizado para caracterizar de forma física, química y microbiológica, y la aceptabilidad del consumidor.</p>	<p>Humedad (61.1%), grasa (7.8%), proteína (11.8%), cenizas (2%) y carbohidratos (17.3%), fibra dietética en base seca (0,7%). 90-93% eliminación del nitrógeno amoniacal en un tiempo de tratamiento (7,5 hr). La mejor característica física, química y sensorial para la masa del rebozado y empanizado (30%) de reemplazo de Harina de trigo por harina de quinua y kiwicha, migas de pan con kiwicha y quinua (50%).</p>
<p>Elaboración de productos proteicos a base de harina de pota.</p>	<p>Braschi, F. et al., 2019</p>	<p>Incentivó productos nutritivos a base de pota y reducir la desnutrición en la región Piura. Sugirió la harina de pota como principal materia prima con alto valor nutritivo.</p>	<p>Se ejecutó un estudio de mercado tomando como referencia el producto de Barras de Cereales enriquecidas con harina de pota, logrando desarrollar la marca del producto y a su vez estudiando la sostenibilidad y obtuvo una aceptación superior al 70%.</p>
<p>Elaboración de hojuela dulce a</p>	<p>Salcedo, F. 2015</p>	<p>Elaboró hojuelas dulces de daruma</p>	<p>47 mezclas de ensayo cada una con proporción diferente</p>

<p>partir del manto molido de pota con quinua (<i>Chenopodium quinoa</i>)</p>	<p>de pota, H. de quinua y almidón de papa, así como caracterizar el producto.</p>	<p>de almidón, papa y harina de quinua, se eligieron cuatro de ellas, dando como resultado una proporción optima de manto molido de pota tratada (45,4%), Harina de Quinua (5,3%), almidón de papa (40,3%), esencia (0,3%) y azúcar (8,7%). Grosor (1,0 mm), velocidad del aire (1.5 m/s), T° de deshidratado (60°C). Proteína (13,1%), humedad (5,2%), grasa (0,70%), fibra (0,25%), ceniza (1,59%) y carbohidratos (79,1%), pH (6,3) y Aw (0,6), digestibilidad de la proteína (98,7%). Resultados microbiológicos: aerobios mesófilos (UFC/g) < 10, Coliformes totales (NMP/g) < 3, mohos (UFC/g) 10, levaduras (UFC/g) <10, Staphylococcus aureus (NMP/g) < 3. rendimiento (31,38%).</p>
<p>Caracterización de barras de cereales alto andinos bañadas en chocolate y enriquecidos con concentrado proteico de pota</p>	<p>Bustamante, D., 2014, Elaboración de barras alimenticias de cereal en la utilización del CPP y cereales alto andinos y miel logrando determinar el tiempo de secado para así obtener el CPP.</p>	<p>Aplicó 3 Tiempos (2, 2.5 y 3 hr), obteniendo (5% significancia) en el lapso de 2 horas un concentrado proteico de humedad (9,6%), Concentrado proteico de pota para la elaboración de barras de cereal (1%, 1.5%, 2%), el mejor tratamiento fue de 2%, con alto contenido de carbohidratos (66%), lípidos totales (17%), humedad (8,1%), proteína (8%) y ceniza (1,2%).</p>

Cereal a base de pota y granos andinos para combatir la anemia en la desnutrición infantil.	Roldan, D. 2021	Aporte a la salud con cereal potencialmente nutritivo en un proceso de extrusión enriqueciendo con proteínas de origen animal para favorecer el desarrollo complementar sus aminoácidos esenciales.	Dado que aún el proyecto no ha sido publicado se consideró por ser una investigación actual que es financiada por Concytec en acuerdo con el BM por instancia de la ejecutora Fondecyt. Dicho producto parafavorecerá el desarrollo intelectual y físico en los niños debido lo que contiene ácidos grasos (omega3).
---	------------------------	---	---

Nota. Como se observa, los autores resaltan a cerca de la importancia de la pota (*Dosidicus gigas*) debido a su alto contenido de vitaminas; del mismo modo la quinua (*Chenopodium quinoa*) es fuente importante en proteínas, además de su característica de su alto valor glucémico que hace apta para personas con problemas de diabetes y que ayuda a mantener una estructura aceptable y el edulcorante natural más empleado fue la Stevia.

Fuente. Elaboración Propia a partir de distintos trabajos de investigación revisados.

4. CONCLUSIONES

Gran parte de los trabajos revisados centran su estudio en la elaboración de Snacks empleando productos hidrobiológicos como fuente principal, refrendado por sus cualidades nutricionales aptos para niños (as) cuyo aporte en proteínas es importante. Así mismo, distintos estudios informan que los pseudocereales como la quinua y kiwicha se pueden ser aplicados como un componente para enriquecer el producto mejorando sus características nutricionales y organolépticos, además pocos estudios han optado por agregar edulcorantes naturales, apto para personas que sufren enfermedades como obesidad y diabetes.

Esta revisión establece una alternativa innovadora que puede ser empleada para generar una futura oferta alimentaria que permita la mejora de ingresos de los productores de estas materias primas y su incorporación en los programas de lucha contra la desnutrición infantil por sus cualidades nutricionales que puedan suplir la ingesta de proteínas que precisan los niños.

5. AGRADECIMIENTOS

Agradecer de manera muy especial a la Universidad Nacional de Frontera y en especial a la E.P de Industrias Alimentarias por todas las facilidades brindadas.

Asimismo, a la revista Aypate, y de manera muy especial a su Editor en Jefe y a su Comité Editorial, por la oportunidad brindada de difundir nuestros trabajos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aro (2017). Depredación de la pota (*Dosidicus gigas*) sobre los principales recursos pesqueros del litoral peruano durante el 2017. Informe Técnico, Instituto del Mar del Perú. Lima, 72p.
- Badui, D. (2017). Procesamiento de kiwicha por el método de expansión por explosión. Tesis UNALM, Lima – Perú.
- Basilio, J. (2020) Obtención de una mezcla alimenticia a partir de quinua (*Chenopodium quinoa*) Y Kiwicha (*Amaranthus caudatus*) extruidas, y tarwi (*Lupinus mutabilis*)” Tesis para optar el grado de doctor en ciencia de alimentos UNALM Lima-Perú. Obtenido de: <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/4498>.
- Braschi, F; et al. (2019). Desarrollo de un snack extruido a base de maíz enriquecido con harina de pota (*Dosidicus gigas*) precocida y determinación de su vida útil. Obtenido de Repositorio Institucional de la Universidad Nacional De Piura. https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/4281/PYT_Informe_Final_Proyecto_Barras_proteicas.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Bustamante, D. (2014). Caracterización de barras de cereales alto andinos bañadas en chocolate y enriquecidos con concentrado proteico de pota. Tesis para optar el título profesional de ingeniería pesquera. Universidad Nacional de San Agustín Arequipa – Perú. Obtenido de: <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/2889>.
- Ettinger (2019). Estudio de pre factibilidad para la elaboración de cápsulas vitamínicas en base a cereales andinos. Pontificia Universidad Católica Del Perú. Lima – Perú.
- Espinoza, K. (2017). “Desarrollo de un Snack extruido a base de maíz enriquecido con harina de pota y determinación de su vida útil”. Tesis para obtener el título de Ingeniero pesquero. Lima: Universidad Agraria la molina. Obtenido de: <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/3992>.
- Figuerola (2012). “nutrición de la Kiwicha”. Extraído el 5 de marzo del 2012 de: <http://www.geocities.com/Kiwicha/Kiwicha.html>.
- García de Fernando, et al (2016). Estudio de la elaboración de marinado de pota (*Dosidicus gigas*). Tesis Ingeniero Pesquero, UNALM, Lima 77p.
- Yenque, K. (2016). Formulación y caracterización de barras energéticas a base deKiwicha (*Amaranthus Caudatus* Linnaeus) expandida con concentrado proteico de pota (*Dosidicus Gigas*). Repositorio.unp.edu.pe. Obtenido derepositorio.unp.edu.pe: <http://repositorio.unp.edu.pe/bitstream/handle/UNP/708/IND-YEN-MOR-16.pdf?sequence=1>
- Kreuzer, (2015). Experimental de snack a partir de pulpa de calamar gigante *Dosidicus gigas*. Piura - Perú: Universidad de Piura. p. 12.1
- Kowalski, et al. (2016). "Alimento Complementario para Niños: Fase A. Programade Investigación en Alimentos. U.N.A L.M. Lima-Perú.

- Lazo, L. (2017). Elaboración de Harina de Pota (*Dosidicus gigas*) precocida para consumo humano. Tesis Facultad de Pesquería. UNALM. 78 p.
- Maza, et al (2013). Elaboración de porciones pre-cocidas y empanizadas a base de “Pota”, *Dosidicus gigas*. Tesis para optar el título de Ingeniero Pesquero. Callao. UNAC. 2016. Pp. 65.
- Martinez, A., Millan, M., Rodriguez, N., & Millan, F. (2018). Nutraceutical value of kiwicha (*Amaranthus caudatus* L.) Journal of Functional Foods. doi.org/10.1016/j.jff.2019.103735.
- Muñoz, (2007). Desarrollo del producto de Snack a base de materias primas no convencionales poroto y quinua. Tesis para optar el título de ingeniero de alimentos. Santiago de Chile.
- Olivera, L. (2019). Efectos sobre la calidad y funcionalidad del manto de calamar gigante (*Dosidicus gigas*) sometido al almacenamiento en hielo. Tesis de Ingeniero Bioquímico. Instituto Tecnológico de Tepic. Nayarit. 98 p.
- Ortega, A.,Perez, J., Castillo, R., & Gonzalez, F. (2019). Effect of precooking on antinutritional factors and mineral bioaccessibility in kiwicha grains. Journal of Cereal Science.https://doi.org/10.1016/j.jcs.2017.12.014
- Osorio, (2009). Diseño de alimentos potencialmente funcionales sobre la base de productos tradicionales. Tesis Doctoral. Universidad de Córdoba. Maracaibo. Venezuela.
- Paucar, A. (2013) “Hojuelas dulces de pota (*Dosidicus gigas*) usando edulcorante Stevia enriquecido con quinua (*Chenopodium quinoa willdenow*)”. Tesis para obtener el título profesional de Ing. pesquero. Facultad de ciencias biológicas y agropecuarias. Escuela profesional de Ingeniería pesquera. Arequipa-Perú. Obtenido de: <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/2874>.
- Palomino, K. (2018). Elaboración de aros empanizados a partir de manto de pota (*Dosidicus gigas*) con inclusión de granos andinos. Tesis para optar el título de ingeniero pesquero. Lima, Perú, Universidad Nacional Agraria La Molina. p. 80-89. Obtenido de: <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/3728>.
- Qali Warma (2014). Fichas técnicas de alimentos del servicio alimentario del programa nacional de alimentación escolar Qali Warma.
- Roldan, D. (2021). Desarrollo de productos extrudidos tipo pop de cereales y granos andinos enriquecidos con concentrado de proteína de pota para la población infantil (escolar y preescolar). Proyecto Concytec banco mundial. UNALM- Lima-Perú. Obtenido de: <https://bancomundial.fondecyt.gob.pe/investigacion/desarrollo-de-productos-extrudidos-tipo-pop-de-cereales-y-granos-andinos-enriquecidos-con-concentrado-de-proteina-de-pota-para-la-poblacion-infantil-escolar-y-preescolar/>.

- Repo-Carrasco R., Espinoza C., Jacobsen E. 2014. Valor Nutricional y Usos de la Quinoa (*Chenopodium quinoa*) y de la Kañiwa (*Chenopodium pallidicaule*). Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima – Perú.
- Saravia, S. (2018). Efecto de tres niveles de concentración de granos andinos sobre el snack de calamar y su impacto nutricional. Lima - Perú: Universidad San Ignacio de Loyola. Facultad de ingeniería industrial y comercial. Obtenido de: https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/USIL_fdbfd7b8300a21a9f455ea00b0cd930b
- Salcedo, F. (2015). “Elaboración de hojuela dulce a partir del manto molido de pota con quinua (*Chenopodium quinoa*)”. Tesis para optar el título de ingeniero pesquero. UNALM-Lima-Perú. Obtenido de: <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/936>.
- Sánchez, (2017) “La Harina De Quinoa”. Extraído el 27/07/2017 de: <http://www.buenastareas.com/ensayos/La-Harina-De-Quinoa/3055846.html>
- Subiros, (2012). Obtención de un aislado proteico a partir del manto de pota o calamar gigante (*Dosidicus gigas*). Tesis para optar el grado de ingeniero en Industrias Alimentarias. Huancayo. UNCP. 2012.

Irradiación gamma: conceptos básicos, aplicación y efectos en mango (*Mangifera Indica*) y pimientos (*Capsicum spp.*)

Gamma irradiation: basic concepts, application and effects on mangoes (*Mangifera Indica*) and peppers (*Capsicum spp.*)

Luis Alberto Juárez Calderón¹, Zaby Nahomi Palacios Núñez¹
Universidad Nacional de Frontera, Sullana, Piura, Perú.

RESUMEN

La búsqueda de nuevas tecnologías en conservación de alimentos está permitiendo la aplicación de algunas técnicas no tan comunes. En la presente investigación se ha realizado una revisión intensiva sobre la irradiación gamma y su aplicación en alimentos particularmente en los pimientos (*Capsicum spp.*) mínimamente procesados o convertidos en productos de IV gama. La información encontrada indicó que la irradiación gamma es una técnica emergente que sirve para la inactivación de microorganismos patógenos y en algunas ocasiones aumenta el valor nutricional de los alimentos, pero también puede tener efectos negativos dependiendo de la dosis aplicada al alimento. Los resultados referentes al efecto en los mangos (*Mangifera Indica*) indicaron que afecta negativamente en sus características organolépticas como color, textura y firmeza a dosis entre 700 Gy y 1 KGy y en adelante. Con respecto a los pimientos de diferentes variedades, se observaron cambios en sus características nutricionales, en el pimiento piquillo aumentan los fenólicos totales y reduce el contenido de vitamina C, en los pimientos amarillos California, aumentan los compuestos fenólicos y en los pimientos verdes disminuye el contenido de clorofila, perdiendo color.

Palabras clave: Irradiación gamma, pimiento, IV gama, microorganismos, mango y conservación.

ABSTRACT

The search for new technologies in food preservation is allowing the application of some not so common techniques. In the present research, an intensive review of gamma irradiation and its application in foods, particularly in minimally processed peppers (*Capsicum spp.*) or those converted to fresh-cut products, has been carried out. The information found indicated that gamma irradiation is an emerging technique that serves for the inactivation of pathogenic microorganisms and sometimes increases the nutritional value of foods, but it can also have negative effects depending on the dose applied to the food. The results concerning the effect on mangoes (*Mangifera Indica*) indicated that it negatively affects their organoleptic characteristics such as color, texture and firmness at doses between 700 Gy and 1 KGy and onwards. With respect to peppers of different varieties, changes were observed in their nutritional characteristics: in piquillo peppers, total phenolics increase and vitamin C content decreases, in yellow California peppers, phenolic compounds increase and in green peppers, chlorophyll content decreases, losing color.

Keywords: Gamma irradiation, bell pepper, IV range, microorganisms, mango and conservation.

¹ Bachiller en Ingeniería de Industrias Alimentarias, Universidad Nacional de Frontera – UNF, Sullana, Piura, Perú.

Línea de Investigación: Análisis de la calidad de productos agroalimentarios
<https://orcid.org/0000-0003-2566-6098> EMAIL: 2017103032@unf.edu.pe

1. INTRODUCCIÓN

El surgimiento de nuevas tecnologías para la conservación de alimentos es imprescindible para una mayor vida útil de cualquier rama de alimentos. Herrero y Romero, (2006) indican que “Es demasiado importante el desarrollo de tecnologías emergentes para la industria alimentaria, con el propósito de lograr alimentos procesados seguros y que mantengan sus cualidades nutricionales y organolépticas, y así de la misma forma alargar la vida útil de estos, satisfaciendo los deseos del cliente”.

En estos tiempos se utilizan técnicas de conservación como: altas presiones, ultrasonidos, campos eléctricos de alta densidad, campos magnéticos oscilantes, irradiación, luz blanca de alta densidad, entre otros. La irradiación gamma es una técnica emergente aplicada en la conservación de alimentos, utilizados para retrasar la evolución de una serie de fases biológicas (maduración y senescencia) de hortalizas y frutas, erradicar insectos, parásitos y disminuir microorganismos patógenos responsables de alterar los alimentos y sus propiedades (Herrero y Romero, 2006). Los llamados métodos físicos, son una excelente alternativa, debido a que sus mayores ventajas están en incrementar la duración de vida (vida útil) de los alimentos irradiados hasta en un 400%, manteniendo su calidad organoléptica y sensorial en mayor medida, también es un mecanismo estable química y térmicamente y no genera residuos (Matiacevich et al., 2016).

Mantener la inocuidad y ausencia de microorganismos patógenos en estos alimentos es importante, por lo que se plantea el objetivo de explicar los conceptos básicos de la irradiación gamma su proceso, aplicación en alimentos, particularmente el Mango (*Mangifera indica*) y Pimientos (*Capsicum spp.*) y el efecto que conlleva la irradiación de estos, mediante una exhaustiva revisión bibliográfica.

La irradiación gamma, es conocida como la radiación electromagnética, que se produce en la descomposición de radioisótopos como Cobalto-60 y Cesio-137, se viene utilizando durante los últimos cuarenta años debido a que tiene amplia disponibilidad y versatilidad en su aplicación (Yeong, *et al.*, 2005). Peña (2008) menciona que la técnica de irradiación en alimentos tiene como finalidad favorecer métodos de procesamiento para extender la vida útil en los alimentos sin perder sus características nutricionales y organolépticas reduciendo en gran parte la problemática en cuanto a pérdidas de géneros alimenticios. Este método es muy favorable dado que reduce considerablemente las pérdidas que son causadas por descomposición inducida por el crecimiento de hongos y bacterias.

Por otra parte, se ha probado que la dosis de irradiación de 1 a 5 KGy se usa de forma eficaz para eliminar microorganismos patógenos asporógenos y de naturaleza no vírica, que no representa peligro para la salud y que de igual manera es efectivo para productos preenvasados (Suárez, 2001). La irradiación gamma no solo inhibe la actividad microbiana, sino que también aumenta la concentración de macro y micronutrientes en algunos alimentos con dosis entre 25 Gy y 20 KGy (Sing, et al., 2010; Ahuja, et al., 2013; García et al., 2017). Para Díaz (2016), la irradiación gamma en productos alimenticios es derivado de la disociación radiactiva del Co^{60} , a pesar de que los rayos gamma son el resultado de la respuesta radiactiva, no tienen efectos radiactivos en los alimentos, sin modificaciones en el valor nutricional y efectos en la descomposición que ocasionen enfermedades como el cáncer. La radiación gamma posee las subsecuentes ventajas:

- Admite el tratamiento uniforme en cuanto al producto, sin importar la proporción con la que se va a trabajar y en el aspecto del uso de semillas u otros con cascara, nos va a delimitar que el tratamiento se da de forma directa al tipo de alimento.

- Es una técnica que no utiliza energía térmica, además, no necesita químicos y confiere una observación útil de pestes, además de ello promueve una disminución en el desarrollo de variedad de microorganismos patógenos.

La IAEA (2008), menciona que, en diferentes industrias de procesamiento, la radiación ganó un impulso significativo con la llegada de los reactores nucleares, los cuales tienen la capacidad de producir radioisótopos como Co^{60} . Estos emisores de rayos gamma se han transformado en las principales fuentes de radiación que son aplicadas dentro de la medicina y las industrias. En los últimos años, se ha incrementado el uso de aceleradores de electrones como fuente de radiación y en ocasiones equipados con un convertidor de rayos X.

Sin embargo, los irradiadores gamma son complicados de reemplazar, especialmente para productos no uniformes y de alta densidad. Actualmente, el Co^{60} se utiliza casi exclusivamente como fuente de radiación gamma para uso industrial, principalmente debido a su método de producción fácil y la no insolubilidad en agua. La emisión controlada de rayos gamma de alta intensidad es usada con el objetivo de reducir una gran cantidad de microorganismos en materiales o alimentos, y con ello aumenta su tiempo de vida útil (Guzmán, 2015).

Según la comisión del Codex alimentarius (2000), que posee la Norma General para los Alimentos Irradiados, se contemplan las fuentes ionizantes como los rayos gamma de los radionucleidos con una fuente de Co^{60} y Cs^{137} ; luego se tiene los rayos X, que son originadas por máquinas que trabajan con energías de 5 MeV o menores; finalmente, se mencionan los electrones que se originan en dichas máquinas y que trabajan con energías de 10 MeV o menores.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Clases de irradiadores

La OIEA (2011) clasifica los irradiadores gamma, según la variedad de bocetos de irradiadores en base a la manera de explicar la fuente radiactiva y tipo de blindaje.

Clase 1: el surtidor se encuentra cerrado y está firme al interior de un depósito elaborado con implementos sólidos y no es posible el acceso físico humano a dicha fuente y también a la sala de irradiación.

Clase 2: el surtidor se encuentra cerrado con blindaje en un depósito elaborado de implementos sólidos, aquí la entrada de personal al área de irradiación está advertida, en caso que el surtidor de irradiación este afuera de la condición de almacenamiento.

Clase 3: fuente cerrada y segura, se encuentra inmersa duraderamente dentro de una alberca con agua, donde no es fácil físicamente la entrada de personal a dicho surtidor y a sala de irradiación.

Clase 4: el surtidor se encuentra tapado e inmerso en una alberca, su entrada del personal al cuarto de irradiación esta advertido cuando su surtidor de irradiación se encuentra fuera de la disposición de almacenamiento.

2.2. Diseño de irradiadores

Para Zaragoza (1997), los irradiadores que poseen material radiactivo son elementos beneficiosos, estimulados por la radiación ionizante, utilizando material radiactivo, (uso

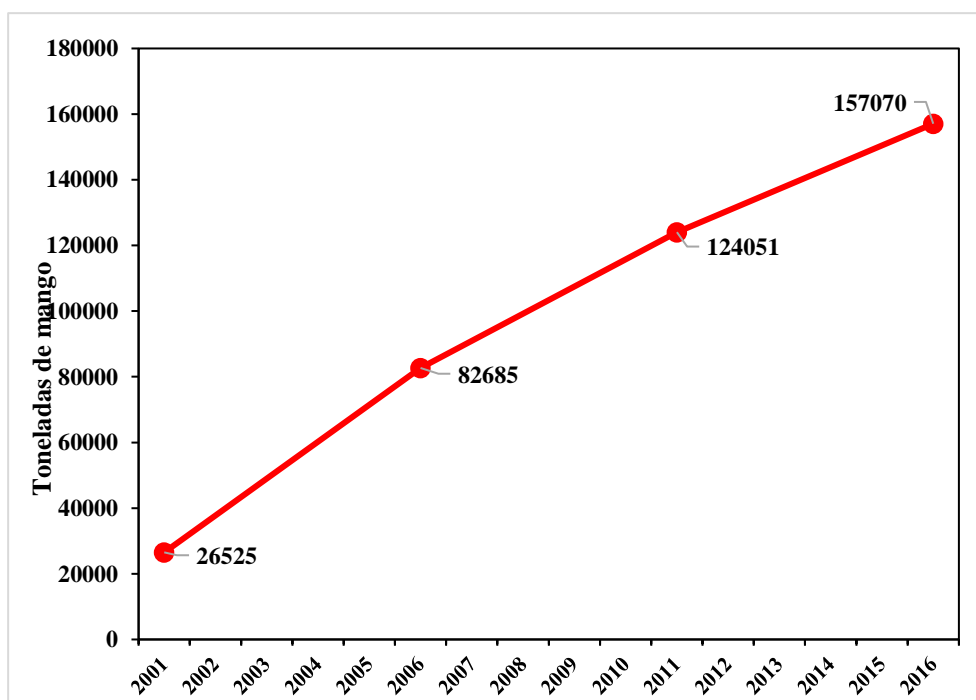
en industrias o en el ámbito de la investigación científica). El modelo de irradiador GB 651 PT, posee iguales condiciones de operación además de un sistema de alarmas que permite conservar la seguridad radiológica en su instalación radiactiva. Las partes fundamentales del GB 651 PT son, un estanque de almacenamiento de las fuentes de Co^{60} , habitación o cámara de irradiación, mecanismo para el movimiento de las fuentes, laberinto de acceso a la cámara de irradiación, consola de control, posición de las fuentes, cuarto de compresores de aire, filtro de aire, planta purificadora de agua para la alberca, y tableros de control.

2.3. Irradiación en el mango

De acuerdo con Tello (1997), el mango es un frutal que conforme ha pasado el tiempo ha ido ganando importancia y ha alcanzado una mayor producción mundial que supera los 15 millones de toneladas al año. En áreas de producción se pueden encontrar gran cantidad de variedades de mango, pero sólo unas pocas cumplen los estándares que son básicos y requeridos para su exitosa exportación. En la actualidad los cultivos más comunes que son exportados son el Haden, Keitt, Kent y Tommy Atkins. En Perú la gran parte de producción del fruto de mango está ubicada en la región de la costa, principalmente en los departamentos de Piura, Lambayeque y Lima, la sierra posee un porcentaje mínimo y en la selva las producciones son incongruentes y su producción solo es comercializada localmente.

Figura 1.

Comportamiento de las exportaciones de mango fresco en el Perú.



Fuente. Adaptado a partir de Ministerio de Agricultura y Riego - MINAGRI (2017).

Según el Ministerio de desarrollo agrario y riego MIDAGRI (2020) las exportaciones de frutas y cereales continúan en constante crecimiento y han sumado una cantidad exorbitante de US\$ 1,710 millones en el primer semestre, entre las frutas de exportación que más destacan se tiene las Uvas frescas que han generado US\$ 442 millones, aumentando en un 24 %, luego las paltas frescas que generaron una suma de US\$ 490 millones, aumentando un 2.2 % y finalmente se tiene a las presentaciones de mango fresco

que ha llegado a generar US\$ 223 millones, incrementando un 22%, luego está la presentación de mango congelado que ha llegado a recaudar US\$ 101 millones, incrementando en un 51 %.

En la actualidad, el mango viene teniendo un buen auge en el mercado internacional, ya que está generando un buen nivel de exportación a diferentes países y a su vez cuantiosos ingresos tal como se observa en la figura 1. La cantidad en toneladas de mango se ha incrementado notablemente desde el año 2001 hasta el 2017, aunque la tendencia anual indica un significativo crecimiento de las exportaciones, ganando un buen terreno y aceptación en el ámbito internacional, cumpliendo con los requerimientos de las normas, entre los cuales destaca el uso fundamental de tecnologías que ayuden a combatir la contaminación de los productos por microorganismos de carácter patogénico que pongan en riesgo la integridad del mango.

Vargas, J.; Vivanco, M.; Maldonado, *et al.*, (2005), mencionan que los análisis realizados en el IPEN en mangos de variedad haden irradiados (0,75 KGy) y reservados en frío (temperatura: 10° C y 85-90 % H.R), lograron aumentar su mantenimiento en un tiempo de 42 días, cotejado con los mangos que no fueron irradiados (control), tuvieron un tiempo de conservación menor equivalente a 24 días, y estuvieron en iguales condiciones en cuanto a su reserva. Otras pruebas realizadas en el IPEN, con una dosis de radiación gamma a 1,0 kGy logra aumentar notablemente su periodo hasta 20 días.

Martínez, S. (2017) detalla que la irradiación viene a ser una de los tantos procedimientos que puede llevar a cabo la desinfección de alimentos; con esto se asegura la eliminación de todas las posibles enfermedades que podrían ser transmitidas en la producción, procesamiento, manipulación y preparación, basado en la disposición de un irradiador con una fuente de un simple cilindro, el cual tiene un modo de operación que consiste en situar alrededor de este los productos de forma estática. La entrada de los productos se realiza de forma automática mediante un transportador aéreo, Los contenedores deben girar sobre su eje durante la exposición, el tiempo de exposición para cada lado es el mismo.

De esta forma, se tendrá un tiempo de exposición igual en cada uno de los lados y por tanto una mejor distribución de la dosis. Los resultados obtenidos permiten afirmar que la irradiación mediante rayos gamma es capaz de desinfectar microorganismos de los alimentos. Cambiando el tiempo de exposición, se puede modificar la dosis suministrada a los productos irradiados, por lo que se puede utilizar la instalación para irradiar distintos materiales.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Efectos de la irradiación en el mango

Thomas, P. y James, H. (2009), describen que la irradiación a dosis de 0,25 a 1,0 kGy no afecta las propiedades sensoriales, ni las características físicas y químicas de variedad Haden en ningún punto de madurez. Por lo que a bajas dosis aumenta el tiempo de vida útil del mango al disminuir los índices de maduración y senescencia, permaneciendo comestibles en períodos más extensos antes de que pasen por la fase de senescencia, mejorando así la vida comercial de estos frutos. Los resultados más convincentes fueron obtenidos en el momento que se trataron los frutos en estado de madurez, mientras estaban en el verde duro. Cuando se irradian mangos inmaduros se puede provocar un aumento del marchitamiento y una maduración desigual.

Ghosh y Das (2014), utilizaron una cámara gamma con fuente de Co^{60} y una tasa de dosis de 6,6 KGy/h, distinguiendo una disminución de fuerzas máximas a medida que iba aumentando la dosis de radiación aplicada; encontraron que la pared celular del mango fue dañada disminuyendo la firmeza de la textura de la fruta, por lo que se recomienda dosis entre 0,5 a 0,75 KGy, debido a que esta radiación mostró células más intactas con una pared celular rígida que apoyaba el retraso en la maduración.

En concordancia con De Graff y Van Rooyen (2014), la dosis que más efecto negativo tuvo fue de 1000 Gy causando sistemáticamente daños graves al mango de variedad Tommy Atkins y Keitt, predominando daño de las lenticelas y escaldaduras, decoloración y pardeamiento en casos más severos. El peso aumenta con el tiempo de almacenamiento influenciada por la irradiación, la temperatura de almacenamiento y su interacción (Yadav, Patel, Kirtibardhan y Parmar, 2015). Hay que tener en cuenta que las lenticelas son estructuras presentes en el peridermis del mango llamada felodermis, su función es asistir en intercambio de gases (Mahul, 2015), si estas llegan a dañarse se puede producir un ligero cambio de color en el mango afectando su calidad visual.

En las figuras 2, 3, 4 y 5. se observan los daños producidos por la irradiación del mango aplicando diferentes dosis, verificando que a mayores valores cercanos a 1000 Gy causan daños severos en las lenticelas del mango, produciéndose un ligero cambio de color, a lo cual se le suma el daño por escaldaduras. Si nos fijamos en los cambios que se ven en las figuras referentes a los sólidos solubles del mango de variedades Kent y Tommy Atkins.

Figura 2.

Decoloración interna de mango a diferentes dosis, variedad Kent.

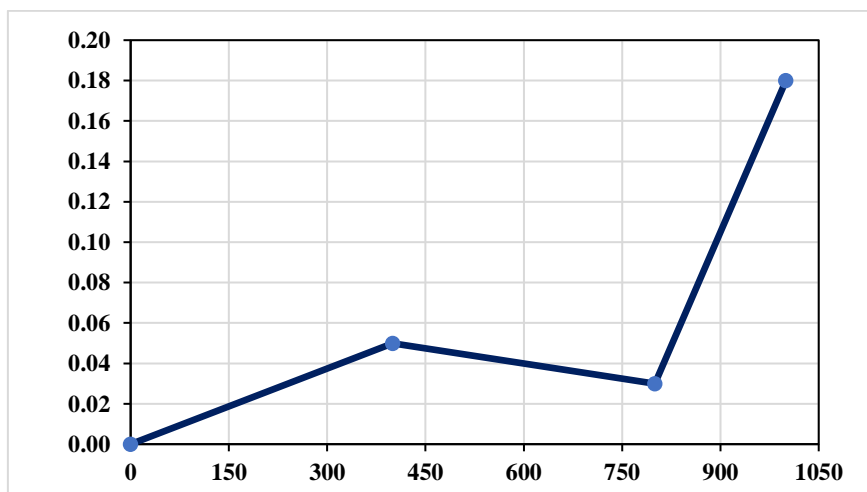
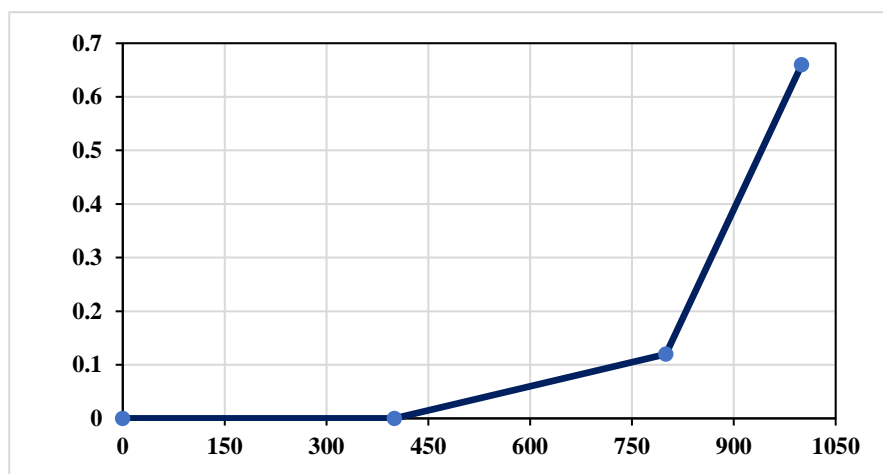
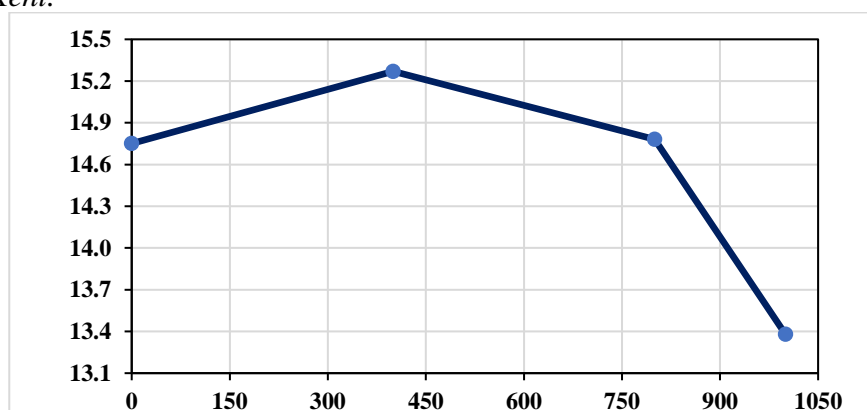


Figura 3.

Pardeamiento vascular de mango a diferentes dosis, variedad Tommy Atkins

**Figura 4.**

Cambio en los sólidos solubles de mango a diferentes dosis, variedad Kent.



Se concluye que estas variedades se están reduciendo significativamente a dosis de 1000 Gy; lo recomendable es usar dosis entre 500 Gy y 600 Gy.

En la tabla 1, se muestra la respuesta de la irradiación aplicada a las diferentes variedades de mango necesarios para la prolongación de la vida útil. Se identifica el área geográfica de donde provienen y cultivan algunos tipos de variedades de mango, además se describe puntos claves acerca de las dosis óptimas en las que estos pueden ser tratados por irradiación gamma, la dosis en que las diferentes variedades de mangos pueden tolerar y la dosis que se deben tomar como referencia a la hora de realizar el proceso de irradiación en la unidad Krad.

Tabla 1.

Diferencias en las variedades de mango frente a la dosis aplicada de radiación gamma, requisitos para la prolongación de la vida útil y dosis de tolerancia en los mangos

Variedad	Área Geográfica	Dosis Óptima (krad)	Dosis Máxima Tolerante (krad)	Referencia
Bocado	Venezuela	100	118	
Alphonso	India	25	75	51
Dasheri	India	25	75	138
Langra				
Mulgoa				
Neelum				
Totapuri				
Okrong	Tailandia	40	--	81
Carabao	Filipinas	60		107
Haden	Hawái	--	100	100
Zill	Florida	--	314	1
Kent				
Sensación				
Rubi	Puerto Rico	75	<150	47,65
Eldon				
Keit				
Kent				
Dusheri	Pakistán	30	--	2
Mohammadwala	Pakistán	25-30	75	78

Fuente. Adaptado de Thomas, P. y James, H. (1986).

3.2. Tres Variedades de Pimiento

En particular, los vegetales son de mucha importancia en la ingesta diaria para una dieta balanceada, ya que tiene cantidades bajas de carbohidratos y grasas (Pino, 2018). Estos proveen vitamina C, E, carotenoides, compuestos fenólicos y flavonoides (Bosland y Votava, 2012; Figueroa et al., 2015; Meléndez et al., 2004; Sun et al., 2007; Collahuazo, 2017).

Asimismo, el pimiento verde, se describe de tamaño mediano-grande, forma redonda, con regular tallo, su piel brillante y lisa, no presenta manchas, con cuerpo carnoso y sabor delicado (Alvarado y Cabrera, 2010; Jachura 2015). Según Staller (2012), el pimiento contiene vitaminas, capsaicina, pigmentos y aceites volátiles, proteínas, fibra y ciertos tipos de ácidos orgánicos, alto contenido de vitamina C y carotenoides, donde a la capsaicina se le atribuyen propiedades anticancerígenas debido a que se ha observado que induce apoptosis en estudios realizados con células de cáncer de páncreas (Cedrón, 2013). También posee carotenoides conocidos por su alta capacidad antioxidante que son transportados en el organismo por el plasma, sirven como un supresor O₂, además de tener la capacidad de inactivar enzimas (Carranco et al., 2011). Referente al pimiento amarillo estos frutos son homogéneos, amarillo intenso muy buen color, pedúnculo largo que facilita la recolección (CLAUSE, 2017). El pimiento amarillo posee hidratos de carbono 6.32 g, proteínas, 1.0 g, grasa total 0.021 g, ceniza total 0.45 (Dieta y nutrición, 2015); destaca su aporte en vitamina C, el color que presentan se debe a la mayor presencia de betacaroteno (Acosta et al., 2018).

Andina (2017), indica que Perú es el octavo país exportador en el mundo de pimienta y ajíes, acaparando el mercado de exportación, esto es porque es impulsado por la gastronomía y que en nuestro país el consumo per cápita anual es de 4.75 kg y que este volumen aumenta cada año. A su vez también mencionan que, entre los meses de enero y junio del 2017, el género *capsicum* generó ingresos de US\$ 107 millones en sus diferentes presentaciones.

La tabla 2, muestra los países más exportadores de pimienta piquillo y Perú se encuentra entre ellos, precisamente en el Puesto 9 generando ingresos en el 2019 de US\$ 51.49 millones. El pimienta en sus presentaciones piquillo representa una gran cantidad de ingresos para la economía en nuestro país.

Tabla 2.

Principales 10 países exportadores de pimienta piquillo en el mundo

Mercado	%Var 19-18	%Part 18	Total, Exp. 2018 (millon US\$)
México	-4%	13%	154.92
Turquía	7%	11%	125.68
China	7%	8%	89.97
Grecia	-7%	8%	103.48
Alemania	-1%	7%	84.17
España	3%	7%	76.22
Estados Unidos	17%	5%	49.59
Países Bajos	-20%	4%	64.34
Perú	-2%	4%	51.49
India	9%	4%	38.88

Fuente. Adaptado a partir de SIICEX (2020).

3.3. Irradiación de Pimientos mínimamente procesados

Los pimientos mínimamente procesados, se caracterizan por ser sometidos sólo a tratamientos de lavado, corte y envasado, sin tratamientos térmicos u otros procesos más complejos, cuya principal ventaja radica en que pueden ser consumidos de inmediato (Mateicevich, et al., 2016). Al ser cercenados se rompen células que a su vez liberan enzimas intracelulares como Polifenol Oxidasa (PPO), que oxida los substratos fenólicos, causando el pardeamiento, otras enzimas que se segregan son la poligalacturonasa y pectinesterasa que inducen al ablandamiento, de igual manera se libera lipoxigenasas que oxidan algunas sustancias lipídicas que causan que emerjan olores extraños, entre otros cambios nutricionales y sensoriales (Artes, 2018); otros autores que apoyan lo mencionado son Artes et al., citado por Artes et al., (2011) que también refieren que pueden aparecer a temperaturas debajo de 5 °C, bacterias mesófilas, géneros fúngicos y bacterias psicrótroficas, entre otras como *Clostridium Botulinum*, *Listeria monocytogenes* o *Escherichia Coli*, causante de enfermedades graves.

La inactivación o eliminación de microorganismos patógenos es uno de los requisitos para que un producto de cuarta gama sea considerado para el consumo de las personas (Gil y Allende, 2016). La tabla 3 presenta un cuadro referido a los límites microbiológicos que se deben tener en cuenta para estos productos.

Tabla 3.*Limitantes microbiológicos, que se permiten en productos de IV gama ufc/g.*

Microorganismo	Tolerancia	Consumo
<i>Salmonella spp.</i>	10 ³	10 ²
<i>Listeria monocytogenes</i>	100	100
<i>Escherichia coli</i>	10 ³	10 ²
<i>Streptococcus</i>	10 ⁴	10 ³
Levaduras	10 ⁴	10 ³
Hongos	10 ⁴	10 ³

Fuente. Adaptado de Artes, (2018), Collahuazo, (2017) y Diezma, (2016).

Los microorganismos más preocupantes de la tabla 3, son *Listeria monocytogenes*, *Escherichia coli* y *salmonella spp.*, (Diezma, 2016); ya que provocan infecciones o enfermedades como el caso de *Listeria monocytogenes*, causante de una infección que puede ser muy grave para las embarazadas y mortal para los bebés (MAYOCLINIC, 2020). La *escherichia coli* es causante del Síndrome urémico hemolítico, que provoca diarreas, vómitos con sangre, hasta producir anemia (Pérez, 2009).

La *salmonella spp.*, es causante de la salmonelosis, ocasiona fiebre y tifoidea, diarrea, entre otros síntomas. Se resalta la importancia de la eliminación de estos microorganismos y la problemática que causa las operaciones principales para un alimento mínimamente procesado, entonces debemos tener cuidado al elegir un proceso para su irradiación, considerando el tiempo, temperatura y dosis. Según Gómez et al., (2008), la irradiación del pimiento utiliza muestras de 200 gr previamente cortado, para luego ser envasado en bolsas preferiblemente de polietileno y proceda a la exposición de estas a los rayos gamma, se recomienda dosis de 1KGy.

Apoyado por Amro et al., (2018) y Colletti et al., (2019), indican que se trabaja mejor a temperatura ambiente de 25 °C para luego ser conservadas a 4 °C y ser evaluadas en periodos de 7 a 14 días, midiendo variables como color superficial de las rodajas, actividad, antioxidante y enzimática, textura y determinando su perfil sensorial adecuado para medir el irradiado a varios niveles de ablandamiento de tejidos o cambio de parámetros sensoriales.

3.4. Efectos de la irradiación sobre los componentes: químicos, nutricionales y sensoriales del pimiento.

Según Amro et al., (2018), la irradiación gamma modifica la actividad que impide la oxidación del pimiento picante ($p < 0.05$), con desigualdad mínima. La irradiación puede suavizar las hortalizas y puede sumar la penetrabilidad en los tejidos (OMS, 1989). (Collahuazo, 2014), informa que estos resultados son las consecuencias pertenecientes a las dosificaciones de irradiación a las que se expone y el periodo en el que se acumula. También Noboa et al., (2015) señala que se obtiene una disminución de estructura del alimento, lo que es denotado como despolimerización de diversos componentes de la envoltura celular como polisacáridos, celulosa y pectina.

Narvaiz, (2015), menciona que la eficiencia radiante transmitida crea ionizaciones, separaciones y disminución en la firmeza de átomos o moléculas en cuanto al alimento en el que se realiza la interacción. Se acostumbra a llamar a este procedimiento, "Sucesión primaria", cuyo resultado da una ruptura del equilibrio y hace que aparezcan iones y radicales libres que se mezclan entre ellos y con diferentes moléculas para que formen

compuestos diferentes a la formación principal del producto; a esto se le llama "sucesión secundaria", se extiende al producto, con el inicio y pérdida de componentes hasta la obtención de algunos compuestos químicamente duraderos.

En cuanto a la composición de los nutrientes de carbohidratos, después de que son irradiados con los rayos gamma, los polisacáridos experimentan una ruptura en la cadena de polímero, y se da como efecto el aflojamiento del alimento, causa una descarboxilación y limitación de enlaces de disulfuro, en lípidos configura componentes volátiles como son hidrocarburos, cetonas, alcoholes y lactonas (Noboa, et al. 2015).

La irradiación gamma no modifica la formación proximal (contenido de grasas, proteínas, cenizas y carbohidratos) de los productos alimenticios. Además, evalúa que los alimentos que son el resultado de las dosis de 60 KGy, son aceptables en su composición nutricional y seguros para el consumo. Las dosis de irradiación de 10 kGy no modifican sus características organolépticas en los alimentos. (Kulsum et al., 2020).

Tawiah et al., (2019), irradió pimiento en dosis de 1, 2, 4 y 5 KGy observando que se inactivan los microorganismos patógenos (tabla 3), además ocasiona una elevación de 21.81 % en capsaicina, el 20,32 % en capsaicinoides totales y 16,79 %, en los carotenoides se da una disminución del 8.84 % en el betacaroteno, del 26.07 % en la criptoxantina beta y 8,46 % en la capsantina. También se indica que a diversas cantidades se debe obtener un impacto revelador en la calidad, la eficacia de la cantidad de dosis que se obtiene va a depender del porcentaje de dosis que se aplicaran.

Para generalizar una dosis absorbida aplicada en el producto, va a influir el porcentaje de dosis aplicado por el tratamiento de irradiación (Hyum-Kyu et al., 2018). El grado de energía dados en la irradiación están aumentando, además puede ocasionar que compuestos del alimento sean radiactivos y por ende que ocasionen algún tipo de daño a los consumidores (OMS, 1989). La tabla 4 presenta la dosis recomendada de radiación gamma y algunos de sus efectos.

Tabla 4.

Efecto de irradiación gamma en diferentes dosis, en tres variedades de pimiento

Variedad	Características	Dosis
P. rojo	Rojo normal, inactivación de patógenos (E. Coli, L. monocytogenes y S. typhimurium), aumento de capsaicinoides totales, disminuye el contenido de Vitamina C, aumenta fenólicos totales y aumenta la actividad antiox. (13%).	1-5 KGy
P. Verde	Inactiva bacterias E. Coli, S. enteric y listeria innocua, diferencias menores en color y el contenido de clorofila.	1 KGy
P. Amarillo	Aumentos compuestos fenólicos (10%), disminución de vitamina C, disminución de carotenoides en 30%	250-750 Gy

Fuente. Adaptado de Hyum-kyu et al., (2018), Tawiah et al., (2019), Maherani et. al. (2018) y Collahuazo (2017).

Las dosis a las que se sometan las muestras irradiadas harán variar el efecto que estas van a tener, es de vital importancia para la consecuencia que va a traer al producto, pero en que rangos se recomienda irradiar un alimento, particularmente un pimiento y de que

variedades pueden ser irradiados, a continuación presentamos una tabla en donde se hace hincapié a todo lo antes mencionado: variedad, dosis, efectos negativos y positivos que conlleva, en sus características fisicoquímicas y organolépticas, ya que estas son de gran interés para la exportación de pimiento y principalmente de carácter importante para los países a los que desea exportar.

Se dice también que al ser irradiadas algunas muestras que poseen contaminación por bacterias mesófilas que vienen de 10^6 a 10^8 , se da una reducción de la concentración hasta a 10^3 en una dosis de 1KGy (Araújo et al., 2009). Con esto podemos decir que el procedimiento aplicado garantiza reducción de tres ciclos logarítmico de microorganismo, esto se llevó a cabo con la aplicación de irradiación.

En la tabla 4 se observa la inactivación de algunos microorganismos patógenos que son peligrosos, la irradiación gamma actúa modificando su material genético e impidiendo la generación y sus funciones celulares (Robles, 2017). En cuanto a los componentes químicos de los pimientos su energía ionizante fabrica en cantidades mínimas sustancias denominadas “productos radiolíticos”, que son comunes a la glucosa, el ácido fórmico, el acetaldehído y el CO_2 , los cuales suelen formar tratamientos térmicos; no se ha encontrado ninguna prueba de negatividad de radiolíticos (SERNAC, 2004).

Caro y García (2012), encontraron que a dosis de 150 Gy y medias de 500 Gy los parámetros de calidad de acidez, peso, pH, sólidos solubles, luminosidad y firmeza en el pimiento verde y amarillo no se afectaron. La dosis que preserva su calidad en los tres tipos de pimiento fue la de 1000 Gy; debido a que puede bajar en gran porcentaje la pérdida de peso, mantiene y mejora los parámetros visuales, químicos y sensoriales, aparte de ello la variable que limita el tiempo de la vida útil en la tres diferentes variedades de pimiento es la calidad visual. Por último, no se observó un cambio drástico en la composición de β -caroteno, vitamina C, y otros componentes fenólicos luego de aplicar irradiación a dosis entre 250 a 1000 Gy.

4. CONCLUSIONES

La irradiación gamma es una técnica que ha demostrado ser segura para la inactivación de microorganismos patógenos y en algunos casos ha aumentado el valor nutricional de algunos alimentos irradiados, aunque también se dan efectos negativos, pero en una mínima intensidad. El efecto que se producirá al alimento dependerá de la dosis a la que se le va a irradiar. Como principales fuentes de irradiación se tiene al Co^{60} de peso atómico 60 y el Cs^{137} , que son las más utilizadas para la irradiación en alimentos.

El mango es una de las principales frutas de exportación en el Perú, que últimamente está obteniendo ganancias cuantiosas. Esto ha hecho que se busquen nuevas tecnologías para conservarlas, y entre ellas tenemos a la irradiación gamma. Los principales efectos que se identificó fueron las que afectaba negativamente al mango y en especial a sus características organolépticas ya que dañaba la pared celular a dosis de 1KGy. En variedades de Tommy Atkins y Keitt esta dosis de radiación también era negativa ya que causa daño en las lenticelas y causa escaldaduras, y esto da paso a la decoloración y pardeamiento de los mangos irradiados. También se da una pérdida significativa de los grados brix de la fruta en las variedades ya mencionadas a dosis entre 500 Gy y 1000 Gy. Es por eso que se recomienda utilizar dosis máximas de 700 Gy en mangos.

El pimiento es otro producto agroindustrial que está en crecimiento de exportación y por eso se busca nuevas tecnologías de conservación para sus diferentes presentaciones. Se

encontró que el efecto que causa la irradiación a gamma en los pimientos de tres variedades depende de la dosis a la que se le someta en general los tres pimientos presentan cambios mínimos en su composición química, física y nutricional y la dosis para inactivar microorganismos patógenos esta entre 750 Gy a 1.5 KGy, siendo estas las más recomendadas en este alimento en su presentación en cuarta gama.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta, J.; Martínez, B.; Cerdá, A.; *et al.* 2018. Alimentos de la región de Murcia: Pimiento. UCAM-Santander, España.
- Alvarado, M. y Cabrera, L. 2010. Determinación del tiempo de vida útil en los pimientos califonia verdes frescos en bandejas plásticas empacados con papel film. Tesis de grado, Escuela Superior Politécnica del litoral. Ecuador. 18-26 pp.
- Amro, B., Salma, M., Khitma, A., Tilal S., Samson, O., Oladipupo, Q. y Isam, A. 2018. Effect of gamma irradiation and microwave heating treatments on microbial load and antioxidant potentials in cinnamon, fennel and hot pepper. *Journal of Food Measurement and Characterization*, (13) 1130–1138.
- ANDINA. 2017. Perú es el octavo exportador mundial de pimientos y ajíes. Andina.pe. Recuperado de <https://andina.pe/agencia/noticia-peru-es-octavo-exportador-mundial-pimientos-y-ajies-680973.aspx>
- Araújo, M.; Duarte, R.; Silva, P.; *et al.* 2009. Application of the microbiological method DEFT/APC to detect minimally processed vegetables treated with gamma radiation. *Radiation Physics and Chemistry*, 78: 691-693.
- Artes, F. 2018. Las Industrias de IV gama. Generalidades Hortalizas mínimamente procesadas. Curso tecnología de cítricos y otros cultivos. Universidad Politécnica de Valencia. España.
- Artes, F., Gomez, P., Artés-Hernández, F. y Aguayo E. 2011. Innovaciones en el mantenimiento de la calidad y seguridad alimentaria de los productos hortícolas mínimamente procesados. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 12(1): 8-18.
- Blakey, R., De Graff, J. y Van Rooyen, Z. 2014. Gamma-Irradiation of mangoes. *SA mango Growers' association, Research Journal*, 30 13-21.
- Caro, M., y García R. 2012. Efecto de tratamientos de irradiación gamma en el contenido de carotenos, vitamina C, pungencia y en la vida útil del chile manzano (*capsicum pubescens*). Tesis de pregrado, Universidad Nacional Autónoma de México, Cuautitlán Izcalli. México 32-43.
- Carranco, M., Calvo, M. y Pérez, F. 2011. Carotenoides y su función antioxidante: Revisión. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*. 61(3), pp. 233-41.
- Cedrón, J. 2013. La capsaicina: Pica, nos hace ponernos rojos, pero también alivia el dolor. La capsaicina es el componente principal del ají, ingrediente de tantas comidas en nuestro país. *Revista Química PUCP*. 27(1), pp. 7-8.

- CLAUSE – Clause Iberica. 2017. Innovando en pimientos. Almería, España
- Codex alimentarius. 2000. Norma General del Codex para los Alimentos Irradiados, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
- Collahuazo M. 2017. Estudio de la aplicación de radiación gamma sobre la calidad de tres variedades de pimiento (*capsicum annuum*) mínimamente procesado. Tesis de pregrado, Escuela politécnica Nacional, Quito. Ecuador. 43-81 pp.
- Colletti, A., Denoya, G., Rodriguez, Vaudagna, S. y Polenta, G. 2019. Application of Gamma Irradiation in Minimally Processed Peaches to improve quality and extend shelf life. Recuperado de <https://inta.gob.ar/documentos/aplicacion-de-irradiacion-gamma-en-duraznos-minimamente-procesados-para-mejorar-la-calidad-y-extender-la-vida-util>
- Díaz, D. 2016. Efectos de la irradiación gamma en la calidad del aceite y de la proteína de Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis* L). Tesis de grado. Universidad Nacional de Colombia.
- Dieta y Nutrición. s.f. Información nutricional de pimiento amarillo. Recuperado de <http://www.dietaynutricion.net/informacion-nutricional-de/pimientos-dulces-raw-y-amarillo/>
- Diezma, B. 2016. Control de calidad de productos de IV gama. *Revista Simiente*, 86(4) 1-8.
- García, V., Tejada, O., Trejo, L., et al. 2017. Gamma radiation and osmotic potential of the nutrient solution differentially affect macronutrient concentrations, pH and EC in chilhuacle pepper fruits. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, (315) 145–156.
- Ghosh, S. y Das, M. 2014. Optimization of the effect of gamma radiation on textural properties of different varieties of potato (Kufri chandramukhi and Kufri Jyoti) and mango (Langra and Fazli) during storage by response Surface Methodology. *Innovative Food and Emerging Technologies*, 26(2014) 257-264.
- Gil, M. y Allende, A. 2016. Presente y futuro del agua en la industria alimentaria. Recuperado de https://issuu.com/horticulturaposcosecha/docs/info_iv_gama_2016
- Gómez, V., Ragaert, P., Debevere, J., Devlieghere, F. 2008. Decontamination Methods to Prolong the Shelf-life of Minimally Processed Vegetables, State-of-the-art. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 48(6) 487-495.
- Granja E. 2016. Estudio de la aplicación de radiación gamma para extender la vida útil del pimiento (*Capsicum annuum*) entero y el efecto sobre sus compuestos bioactivos. Tesis de pregrado, Escuela politécnica Nacional, Quito. Ecuador. 22-49.

- Guzmán, M. 2015. TEC cuenta con equipo de irradiación. 3-4 Recuperado de https://revistas.tec.ac.cr/index.php/investiga_tec/article/view/2371/2160
- Herrero, A, y Romero, M. 2006. Innovaciones en el proceso de alimentos: Tecnologías no térmicas. *Revista Med*, 50(4) 215-220.
- Hyum, K., Sudha, R. y Joong, H. 2018 Evaluation of capsaicinoid profile and antioxidant properties in dried Korean red pepper (*Capsicum annuum* L.) as affected by variable dose rates of electron beam and gamma ray irradiation. *Journal Food Sci Technol*, 55(10) 3902-3910.
- IAEA. 2008. Gamma irradiators for radiation sterilization. *Trends in Radiation Sterilization of Health Care Products*. 39(1) 5-25.
- Jachura, B. s.f. Morrón Verde: Características y propiedades del morrón verde. Recuperado de http://wiki.ead.pucv.cl/images/7/79/Morrón_verdebjg.pdf
- Kulsum, J., Khalid, B. y Vaibhav, K. 2020. Gamma Irradiation and Food Properties. *Department of food Technology*. India.
- La OIEA. 2011. Guía para autorización e inspección: Irradiadores. 2-30.
- Maherani, B., Harich, M., Salmieri, S. y Lacroix, M. 2018. Antibacterial properties of combined non-thermal treatments based on bioactive edible coating, ozonation, and gamma irradiation on ready-to-eat frozen green peppers: evaluation of their freshness and sensory qualities. *Eur Food Res Technol*, 245: 1095–1111.
- Mahul. 2015. Decoloración de lenticelas en mango. Recuperado de <https://es.scribd.com/document/285366664/Lenticelas-Mango>
- Martínez, S. 2017. Diseño de un irradiador de alimentos para la eliminación de microorganismos mediante radiación gamma (tesis de grado). Universidad Politécnica de Valencia, España.
- Matiacevich, S., Riquelme, N. y Arancibia, O. 2016. Perspectivas de las tecnologías aplicadas en productos IV-Gama Prospects of the technologies applied in fresh-cut products. *Revista Contribuciones científicas y tecnológica*, (4) 48-55.
- MAYOCLINIC. 2020. Infección por listeria. [Mayoclinic.org](https://www.mayoclinic.org/es-es/diseases-conditions/listeria-infection/symptoms-causes/syc-20355269). Recuperado de <https://www.mayoclinic.org/es-es/diseases-conditions/listeria-infection/symptoms-causes/syc-20355269>
- Ministerio de Agricultura y Riego – MINAGRI. 2017. Perfil técnico N°4 Mango: Crecen Exportaciones Peruanas. Boletín Informativo. Recuperado de <https://www.minagri.gob.pe/portal/analisis-economico/analisis-2017?download=11210:boletin-de-mango-crecen-exportaciones-peruanas>
- Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego – MIDAGRI. 2020. Exportaciones de frutas y cereales siguen creciendo y sumaron US\$ 1,710 millones en primer semestre. Recuperado de <https://www.gob.pe/institucion/midagri/noticias/295213-exportaciones-de-frutas-y-cereales-siguen-creciendo-y-sumaron-us-1-710-millones-en-primer-semestre>

- Narvaiz, P. s.f. Irradiación de los Alimentos. *Unidad de Actividad Aplicaciones Tecnológicas y Agropecuarias*, 1-4.
- Noboa, A.; Granja, E.; Valencia, S. y Vasco, C. 2015. Uso de la Irradiación gamma en el proceso de elaboración de hortalizas de IV gama. Escuela Politécnica Nacional de Montevideo, Uruguay.
- OMS-Organización Mundial de la salud. 1989. La irradiación de los alimentos: técnica para conservar y preservar la inocuidad de los alimentos. OMS-Graficas reunidas.
- Peña, M. 2008. Tratamiento cuarentenario contra la mosca mediterráneo (*Ceratitis capitata*) en mangos variedad Haden (*Mangífera indica*) con irradiación gamma (Co-60) (tesis de grado). Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima, Perú.
- Pérez, C. 2009. Innovación docente. Infecciones infantiles provocadas por *Escherichia coli*: síndrome urémico hemolítico y otras. *Revista Iberoamericana de educación*, 50(2) 2-5.
- Pino, M. 2018. Pimientos para la industria de alimentos e ingredientes. Boletín. Ministerio de agricultura, Chile.
- Robles, B. 2017. Alimentos irradiados (sus claves y porque no debes tenerles miedo). Recuperado de <https://beatrizrobles.com/irradiacion/>
- Rossi, L., Watson, D., Escandarini, S., Miranda, A. y Troncoso, A. 2009. *La Radiación a la mesa. Infectología al día*, 26(4) 318-330.
- SERNAC-Servicio Nacional del consumidor. 2004. Irradiación de alimentos: Información al consumidor sobre el significado del tratamiento con energía ionizante, Chile
- SIICEX. 2020. Actualidad del pimiento piquillo. Boletín informativo. Recuperado de https://www.siicex.gob.pe/siicex/portal5ES.asp?_page_=172.17100&_portletid_=sfichaproductoinit&scriptdo=cc_fp_init&pproducto=165&pnomproducto=Pimiento
- Staller, M. 2012. Caracterización morfológica, agronómica y de calidad del pimiento y pimentón de la variedad tap de cortí. Tesis de pregrado, Universidad de las Islas Baleares. España. 59-65.
- Suárez, R. 2001. Conservación de alimentos por irradiación. *Revista Invenio*, 85-99.
- Tawiah, B., Tano, K., Kwasi, K. et al. 2019. The role of gamma irradiation and storage at 28 ± 2 °C on the inactivation of *Listeria monocytogenes*, *Escherichia coli* and *Salmonella enterica* serotype Typhimurium in sun-dried Legon-18 pepper (*Capsicum annum*) powder. *International Journal of food Contamination*, 6(7).
- Tello, L. (1997). Determinación del crecimiento e índices de madurez en frutos de mango haden (tesis de grado). Universidad Agraria La Molina, Lima. 2-20.

- Thomas, P. y James, H. 2009. Radiation preservation of foods of plant origin. III. Tropical fruits: Bananas, mangoes, and papayas. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 23(2) 147-205.
- Vargas, J.; Vivanco, M.; Maldonado, M.; Linares, M.; Huamanlazo, P. y Quispe, F. 2005. Aplicaciones de la radiación gamma en frutas y hortalizas. Perspectivas agroindustriales para el espárrago peruano. Semantic scholar. Pp. 123-128.
- Yadav, M., Patel, N., Kirtibardhan, y Parmar, M. 2015. Alphonso Mango conservation through exposure to gamma radiation. *African Journal of Food Science*, 9(3) 97-102.
- Yeong, D., Sang, H., Ji-Eun, H., et al. 2016. Construction of Mutation Populations by Gamma-ray and Carbon Beam Irradiation in Chili Pepper (*Capsicum annuum* L.). *Horticultura, medio ambiente y biotecnología*, 57. 606-614.
- Zaragoza, C. 1997). Diversos usos de la fuente de rayos gamma en la UNAM. *Revista Unam*, 8(1) 8-11.

Sensores inteligentes empleados en el mantenimiento predictivo de equipos y máquinas: una revisión sistemática de la literatura

Smart sensors used in predictive maintenance of equipment and machines: a systematic review of the literature.

Vicente Amirpasha Tirado-Kulieva¹, Eliam Gabriel Gonzales Arévalo¹, Brayan Estiven Flores Castillo¹, Luis Alberto Juárez Calderón¹, Ethell Tatiana Rivera Gutiérrez¹, Roberto Simón Seminario Sanz¹, Wilson Castro Silupú¹
Universidad Nacional de Frontera, Sullana, Piura, Perú.

RESUMEN

La implementación de sensores inteligentes en la industria es crucial para monitorear a la máquina, detectar posibles fallas y poder prevenirlas. En este sentido, el objetivo de este estudio es realizar una revisión sistemática enfocada en el uso de sensores inteligentes en el mantenimiento predictivo de máquinas y equipos. Mediante la metodología PRISMA, se ejecutó una búsqueda de investigaciones desde el año 2000 al 2021 en la base de datos de Scopus y Science Direct. Después de analizar los estudios seleccionados, los principales resultados mostraron una tendencia positiva sobre la publicación de estudios sobre el tópico, las cuales se realizan de forma gradual en Asia y Europa. Por lo tanto, es fundamental informar sobre la importancia del empleo de sensores inteligentes, principalmente en países con déficit tecnológico para incrementar la competitividad de las industrias.

Palabras clave: Industria 4.0; era digital; mantenimiento predictivo; sensores inteligentes; automatización.

ABSTRACT

The implementation of smart sensors in the industry is crucial to monitor the machine, detect possible failures and prevent them. In this sense, the objective of this study is to perform a systematic review focused on the use of smart sensors in the predictive maintenance of machines and equipment. Using the PRISMA methodology, a search for research from 2000 to 2021 was carried out in the Scopus and Science Direct databases. After analyzing the selected studies, the main results showed a positive trend on the publication of studies on the topic, which are gradually taking place in Asia and Europe. Therefore, it is essential to inform about the importance of the use of smart sensors, mainly in countries with technological deficit to increase the competitiveness of industries.

Keywords: Industry 4.0; digital era; predictive maintenance; smart sensors; automation.

¹ Ingeniero de Industrias Alimentarias, Universidad Nacional de Frontera – UNF, Sullana, Piura, Perú.
Línea de Investigación: Desarrollo tecnológico, innovación, eficiencia y diversificación productiva, economías transformadoras, macro tendencias globales y mejora continua
<https://orcid.org/0000-0001-8534-9153> EMAIL: 2017103066@unf.edu.pe

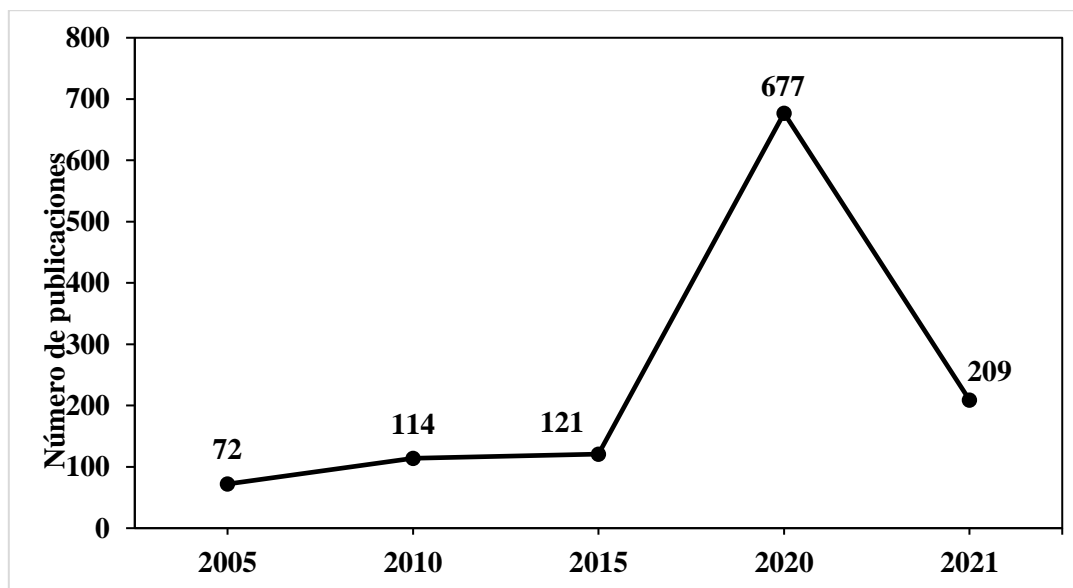
1. INTRODUCCIÓN

El mantenimiento en la industria es indispensable para, principalmente, incrementar la vida útil de los equipos/máquinas (E/M). El más destacado es el mantenimiento predictivo, cuya evolución fue favorable a lo largo de los años por su capacidad para detectar y predecir las fallas de los E/M en distintos campos industriales (Zonta et al., 2020). En este sentido, con el mantenimiento predictivo se logra una disminución significativa de tiempo y costos (Trotin et al., 2017), proporcionando mayor competitividad.

El mantenimiento predictivo se considera como el tipo de mantenimiento más actualizado y tecnológico y para su correcta implementación se requiere de medios técnicos/tecnológicos avanzados (de Jonge & Scarf, 2020). Estos ayudan con actividades que son naturalmente complejas para las capacidades del ser humano. Este requerimiento tecnológico se encuentra factible debido a la actual Cuarta Revolución Industrial o también denominada Industria 4.0. De acuerdo con lo previo, se puede llevar a cabo el uso de sensores inteligentes, dispositivos que permiten medir en tiempo real distintos parámetros (Lillstrang et al., 2021). Esto es crucial para saber la condición de los E/M, poder implementar las medidas pertinentes en pro de mejora e sus características y de los aspectos de los procesos industriales en general (Hommet et al., 2021).

Figura 1.

Número de documentos publicados según la búsqueda avanzada (sensor and “predictive maintenance”) realizada en Scopus.



Según Bravo et al. (2021); Herrera et al. (2020), prediciendo las posibles anomalías, se puede evitar las fallas y las reparaciones, mejorar la eficiencia de los E/M, incrementar el rendimiento y confiabilidad de la producción, entre otros beneficios. Asimismo, gracias a los avances tecnológicos e informáticos, la implementación de los sensores inteligentes le proporciona autonomía y decisión a los E/M, según el estado del proceso y a los intereses de la empresa (Kalsoom et al., 2020).

Por otro lado, existe una gran brecha tecnológica entre los países, lo cual fue corroborado en el estudio de Bal & Erkan (2019), quienes después de evaluar los cambios que han

experimentado los países después de la aparición de esta industria, concluyeron que existe mucha diferencia respecto a la competitividad.

Esto influye en un bajo empleo de los sensores en el mantenimiento predictivo de equipos y máquinas (MPEM), como se observa en la Figura 1, donde se evidencia que en lo que va del siglo 21, hay un aumento significativo de publicaciones.

Asimismo, se destaca que en el 2018 se superó la valla de las 100 publicaciones y en lo que va del año hay 209 documentos publicados, lo cual reafirma la tendencia positiva del aumento de investigaciones sobre empleo de sensores en el MPEM.

Considerando lo previo, existe la necesidad de informar acerca del poco uso de los sensores, a pesar de su importancia. En este sentido, el objetivo de este estudio es realizar una revisión sistemática de la literatura con enfoque en el empleo de sensores inteligentes en el MPEM.

2. MÉTODOS Y MATERIALES

Para la realización de esta investigación, se adaptó la metodología planteada por Carvalho et al. (2020), siguiendo la declaración de Elementos de Información Preferidos para Revisiones Sistemáticas y Meta-Análisis (PRISMA). Asimismo; para el desarrollo de la revisión también se siguió algunos lineamientos sugeridos por Ponce-Corona et al. (2020), los cuales se detallan a continuación:

2.1. Preguntas de interés

Con el objetivo de solucionar el problema de investigación, se estableció las siguientes preguntas:

- ¿Qué tanto ha aumentado el empleo de sensores inteligentes en el MPEM?
- ¿Cuáles son los países con mayor aplicación de sensores inteligentes en el MPEM?
- ¿En qué tipo de documento es principalmente publicado los estudios sobre el empleo de sensores inteligentes en el MPEM?
- ¿Cuáles son los sensores inteligentes más utilizados en el mantenimiento predictivo y en qué E/M?

2.2. Fuentes de literatura y estrategia de búsqueda

Las bases seleccionadas fueron Scopus y Science Direct, las cuales fueron consultadas mediante una búsqueda avanzada de literatura, empleando la siguiente cadena: (smart OR intelligent) AND sensor AND (industry OR company OR equipment OR machine) AND "predictive maintenance".

2.3. Criterios de elegibilidad

Para resolver las preguntas, se establecieron diversos criterios. Preliminarmente, como inclusión, se dejaron únicamente artículos originales y actas de conferencia en inglés, y publicados en lo que va del siglo XXI (2001 al presente) debido a que esta era está principalmente caracterizada por la digitalización y automatización.

En contraste, se excluyó otro tipo de documentos como artículos de revisión y capítulos de libros. Se extrajeron los artículos de las dos bases de datos y para una mejor gestión, además de eliminar los estudios duplicados, se empleó Mendeley como herramienta.

En la etapa de cribado se examinó el título, resumen y palabras clave de cada estudio, con el fin de excluir los que no se relacionaban con el tema de esta investigación.

Finalmente, se realizó un análisis del estudio completo para garantizar que eran los adecuados. Adicionalmente, se aplicó la técnica de snowballing que consta en examinar las referencias de los artículos seleccionados e incluir aquellos de interés.

2.4. Extracción de datos de los estudios seleccionados

Para responder las preguntas establecidas, se extrajeron los siguientes datos de los estudios: Año y país de publicación, tipo de documento y editorial publicadora, sensor (es) empleado (s) y equipo/máquina (s) evaluados.

3. RESULTADOS Y DISCUSIONES

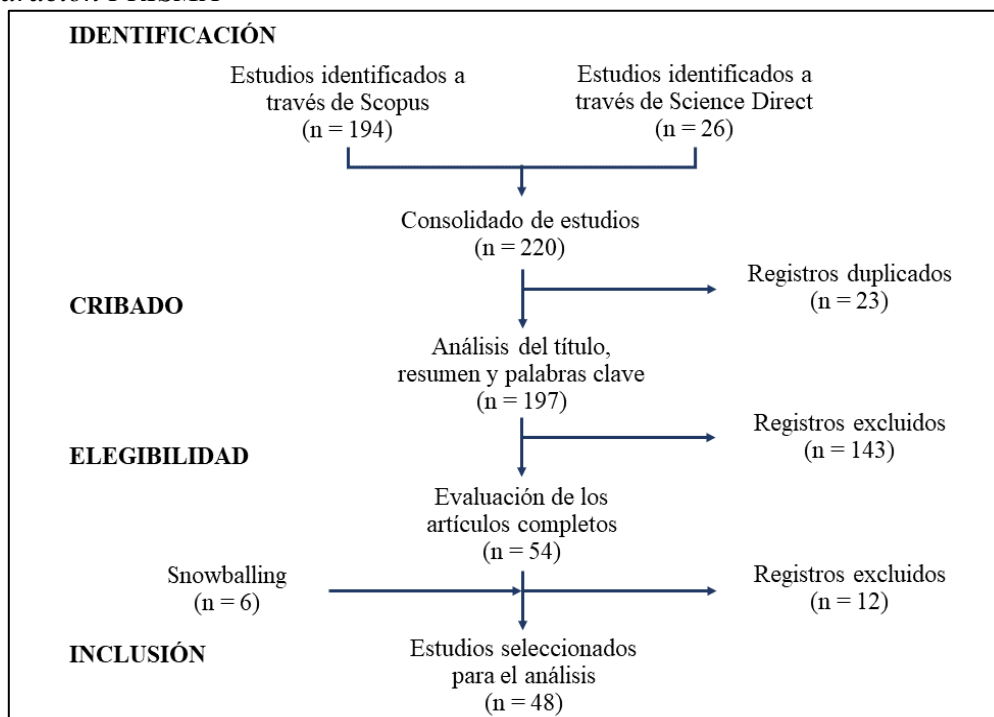
3.1. Análisis de los resultados de la declaración PRISMA

Producto de la estrategia de búsqueda, se encontraron 237 documentos en Scopus y 29 en Science Direct. Después de aplicar los criterios de elegibilidad preliminares, quedaron 194 y 26 documentos, respectivamente en cada fuente de datos. El consolidado de 220 artículos se redujo a 197 después de eliminar los 23 estudios duplicados. Luego, al realizar el cribado, se excluyeron 143 estudios, quedando únicamente 54 disponibles para la siguiente etapa.

En el análisis completo de los documentos, se excluyeron 12 debido a que no se relacionaban totalmente con el objetivo de este estudio; en contraste, se añadió 6 artículos producto del snowballing, dejando finalmente un total de 48 estudios listos para el análisis. Una síntesis más detallada de lo realizado se puede visualizar en la Figura 2.

Figura 2.

Flujograma de las etapas realizadas en la búsqueda sistemática, siguiendo la Declaración PRISMA



3.2. Hallazgos obtenidos

A partir de los datos extraídos de los estudios seleccionados, se ha resuelto cada pregunta de investigación planteada, las cuales se muestran a continuación.

¿Qué tanto ha aumentado el empleo de sensores inteligentes en el MPEM?

Como se muestra en la Tabla 1, el uso de sensores inteligentes en el mantenimiento predictivo de E/M ha tenido un relativo incremento en los últimos años. Esto puede estar relacionado a lo que mencionan Steurtewagen & Poel (2021), quienes argumentan que esto es debido a que las plantas industriales modernas ponen mayor énfasis en el uso de técnicas/tecnologías que ayuden a recopilar datos de forma automática en aplicaciones de mantenimiento.

Lo previo es corroborado por Drakaki et al. (2021), quienes indican que la recopilación automática de datos solo es posible a través de la inclusión de sensores inteligentes que en tiempo real informan acerca del estado de los E/M, ayudando a predecir y prevenir potenciales fallas y averías. Considerando esto, se ha evidenciado que en el periodo desde el 2010 al 2020 hubo un crecimiento en la tendencia de ventas de sensores, partiendo de 4 000 millones de dólares aproximadamente en el 2010 y estimándose ventas de hasta 30 000 millones en el 2020, por ende, también hay un aumento en desarrollo y uso de sensores (Trigona et al., 2020).

Los datos no solo reafirman el auge en el uso de sensores inteligentes, sino también su constante desarrollo para satisfacer las necesidades del mercado. En este contexto, a raíz de un nanogenerador triboeléctrico de interfaz líquido-sólido, Xu et al. (2019) desarrollaron con éxito un sensor inteligente de alta sensibilidad para monitorear las olas en un tanque de olas. Según los hallazgos obtenidos, los autores destacan la idoneidad de este sensor para futuros usos en equipos marinos.

Tabla 1.

Número de publicaciones por año.

Año	Publicaciones	Proporción (%)
2003	1	2,08
2004	1	2,08
2007	1	2,08
2009	2	4,17
2013	3	6,25
2015	2	4,17
2016	5	10,42
2017	3	6,25
2018	5	10,42
2019	5	10,42
2020	13	27,08
2021	7	14,58
Total	48	100

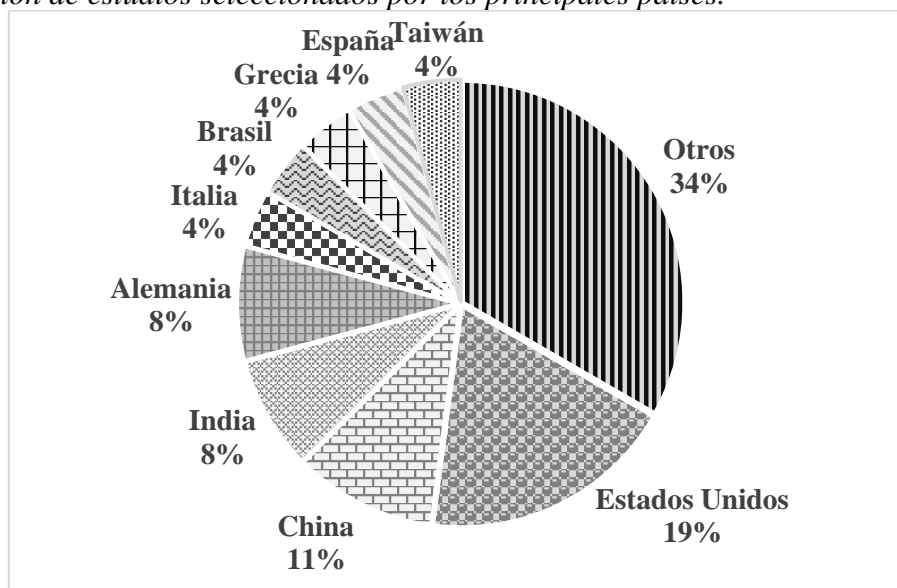
¿Cuáles son los países con mayor aplicación de sensores inteligentes en el MPEM?

En la Figura 3, se destaca que la mayoría de las investigaciones se llevaron a cabo en países como Estados Unidos, China, India y Alemania, representando casi el 50% del total de estudios. Esta proporción es muy alta considerando que la ejecución de los 48 estudios seleccionados se ha distribuido en 25 países. Asimismo, como se observa, casi la totalidad de países son los que demuestran su constante preocupación por la mejora y la automatización en sus sistemas y la transición hacia la modernidad, ya que, estas tecnologías industriales también le proporcionan enormes beneficios a la sociedad (Nagano, 2018).

En contraste, de los 48 estudios, solo dos países son de Sudamérica, representada por Brasil con 2 estudios y seguido de Chile con solo 1. Estos países, en general, se encuentran en una fase naciente con respecto al estudio y uso de estas tecnologías (Sibrian & Amaya, 2019), justificando los resultados obtenidos. Esto se corrobora en la investigación de Cimoli et al. (2019), quienes, a partir de datos entre el periodo 1970-2013, definieron una amplia brecha tecnológica entre países de América Latina (Argentina y Brasil) y Asia (Corea). Los autores destacaron que los países asiáticos se actualizan constantemente para afrontar los nuevos desafíos tecnológicos y, por ello, suelen estar a la vanguardia.

Figura 3.

Proporción de estudios seleccionados por los principales países.



¿Qué tipo de documento sobre el empleo de sensores inteligentes en el MPEM es principalmente publicado y en qué editoriales?

Según la tabla 2, el mayor número de documentos en el uso de sensores inteligentes ha sido publicado en IEEE (35,4 %), superando a la gran editorial Elsevier. Esto se debe a que, IEEE es una importante sociedad técnico-profesional dedicada a incentivar y publicar avances de carácter científicos en las disciplinas de las ingenierías, Informática, Electrónica, Energética y afines (Universidad de Ingeniería y Tecnología [UTEC], 2018), lo cual se encuentra ligado al tema de esta revisión con respecto al uso de sensores inteligentes en máquinas y equipos.

Por otro lado, aunque haya poca diferencia, la mayoría de los documentos se encuentran como actas de conferencia (54,1 %), pudiendo relacionarse con los congresos de ciencia y tecnología cibernética que realiza principalmente IEEE, en donde se informan acerca de los hallazgos obtenidos en estudios de este ámbito (Zhao et al., 2017).

Tabla 2.

Tipo de documento publicado y principales bases de datos

Editorial	Tipo de artículo publicado		Total de documentos
	Acta de conferencia	Artículo de investigación	
IEEE	15	2	17
Elsevier	0	13	13
Springer	0	3	3
Sage Publications	0	2	2
Otros	11	2	13
Total	26	22	48

¿Cuáles son los sensores inteligentes más utilizados en el mantenimiento predictivo y en qué E/M?

Como se ve en la Figura 4, existe una amplia variedad de sensores, siendo los sensores de temperatura, sensores de vibración y los acelerómetros los más empleados.

Según la Figura 5, existe una gran diversidad de E/M de distintos ámbitos industriales, abarcando sistemas de transporte terrestre, marítimo y aéreo, herramientas de manufactura, equipos para el procesamiento alimentarios, entre otros, principalmente en motores, los cuales se emplean en todos los sectores. Esto demuestra la extensa versatilidad que tienen los sensores inteligentes, lo cual es apoyado por Javaid et al. (2021), quienes indican que es debido a sus variadas capacidades y/o características.

Figura 4.

Tipo de sensores comúnmente empleados.

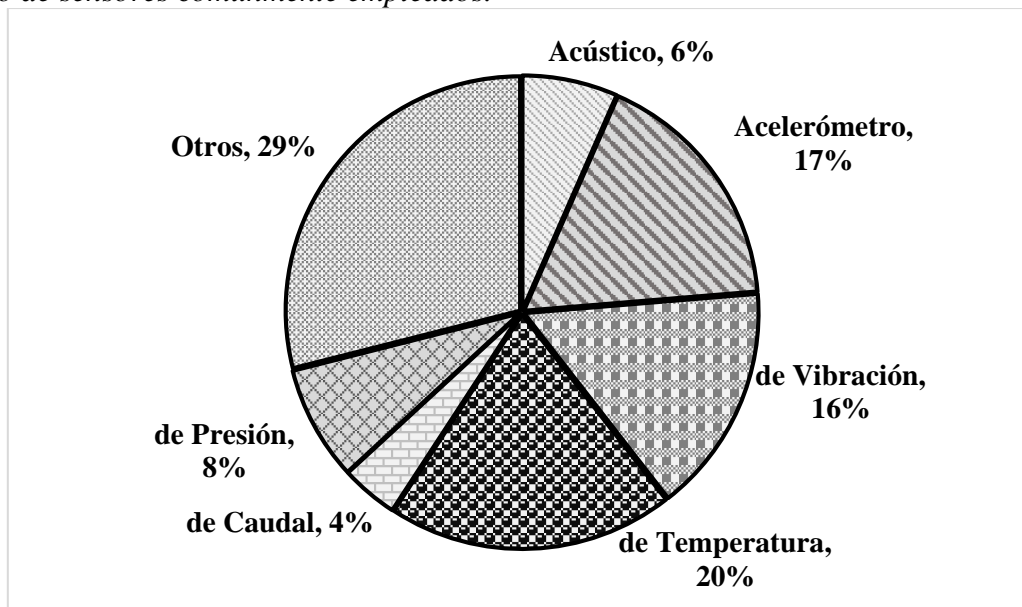
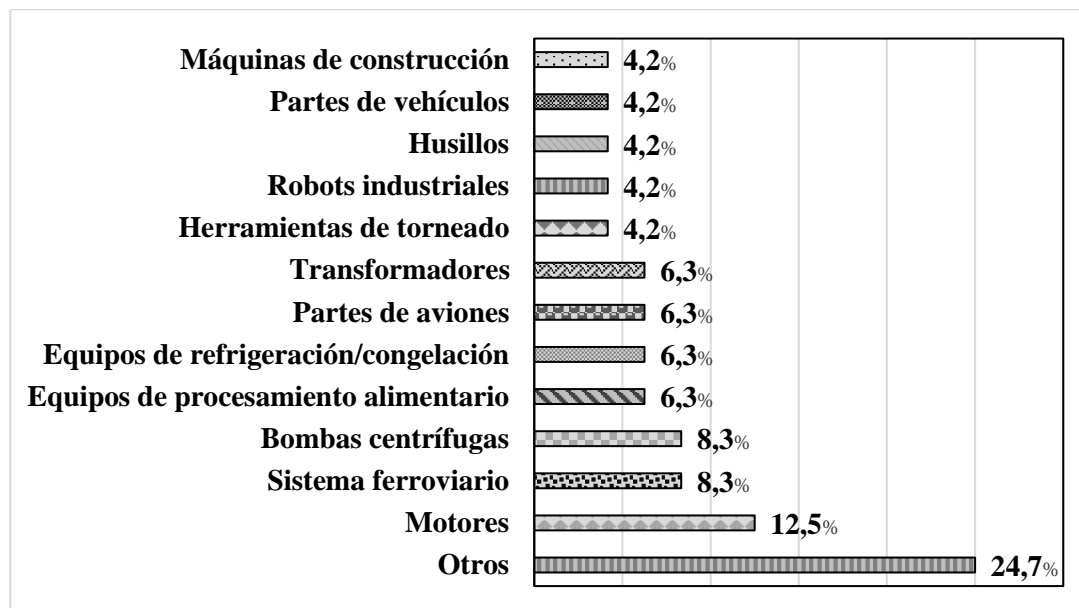


Figura 5.
Principales Equipos y Maquinarias evaluadas.



4. CONCLUSIONES

Aunque hay pocos estudios relacionados al ámbito del empleo de sensores inteligentes en el MPEM, existe una tendencia positiva a lo largo de los años, lo cual fue determinado con los resultados obtenidos en esta revisión sistemática de estudios publicados en lo que va del siglo XXI. También se observó que la mayoría de los estudios se han realizado en Estados Unidos (19%) y en otros países principalmente asiáticos y europeos, representados por China (11) y Alemania (8%), respectivamente, los cuales tienen mayor avance tecnológico a comparación de países sudamericanos como Brasil (4%).

Este tipo de estudios suelen ser publicados como actas de conferencia (35,4%) cuyo publicador principal es IEEE (54,1 %), debido a ser una asociación enfocada en ámbitos como la electrónica y las tecnologías de la información, las cuales tienen relación con el tema de estudio. Asimismo, se determinó que los sensores inteligentes más empleados son el de temperatura (20%), el de vibración (16%) y el acelerómetro (17%), los cuales son usados mayormente para monitorear el estado de los motores, piezas clave en distintos campos industriales. De acuerdo con los resultados mostrados, se concluye que el empleo de los sensores inteligentes en el MPEM es de suma importancia, más aún, considerando su factibilidad por la actual Industria 4.0. Por otro lado, debe tenerse en cuenta que la adopción de los sensores inteligentes es limitante para muchos países por su déficit técnico y tecnológico. Este estudio es de utilidad para informar sobre ello y así poder tomar las medidas pertinentes para solucionar dicha problemática.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bal, H. Ç., & Erkan, Ç. (2019). Industry 4.0 and Competitiveness. *Procedia Computer Science*, 158, 625-631.
- Bravo M, D. A., Alvarez Q, L. I., & Lozano M, C. A. (2021). Dataset of distribution transformers for predictive maintenance. *Data in Brief*, 38, 107454.
- Carvalho, A. P. A., & Junior, C. A. C. (2020). Green strategies for active food packagings: A systematic review on active properties of graphene-based nanomaterials and biodegradable polymers. *Trends in Food Science & Technology*, 103, 130-43.
- Cimoli, M., Pereima, J. B., & Porcile, G. (2019). A technology gap interpretation of growth paths in Asia and Latin America. *Research Policy*, 48(1), 125-136.
- De Jonge, B., & Scarf, P. A. (2020). A review on maintenance optimization. *European Journal of Operational Research*, 285(3), 805–824.
- Drakaki, M., Karnavas, Y. L., Tzionas, P., & Chasiotis, I. D. (2021). Recent Developments Towards Industry 4.0 Oriented Predictive Maintenance in Induction Motors. *Procedia computer Science*, 180, 943-949.
- Herrera-Sánchez, G., Morán-Bravo, L., Gallardo-Navarro, J.L. & Silva-Juárez, A. (2020). Gestión del mantenimiento y la industria 4.0. *Revista de Ingeniería Innovativa*, 4(15), 18-28.
- Hommel, M., Knab, H., & Yousef, S. G. (2021). Reliability of automotive and consumer MEMS sensors - An overview. *Microelectronics Reliability*, 114252.
- Javaid, M., Haleem, A., Singh, R. P., Rab, S., & Suman, R. (2021). Significance of sensors for Industry 4.0: Roles, capabilities, and applications. *Sensors International*, 2, 100110.
- Kalsoom, T., Ramzan, N., Ahmed, S., & Ur-Rehman, M. (2020). Advances in Sensor Technologies in the Era of Smart Factory and Industry 4.0. *Sensors*, 20(23), 6783.
- Lillstrang, M., Harju, M., del Campo, G., Calderon, G., Röning, J., & Tamminen, S. (2021). Implications of properties and quality of indoor sensor data for building machine learning applications: Two case studies in smart campuses. *Building and Environment*. (Prevision screen – November/2021).
- Nagano, A. (2018). Economic Growth and Automation Risks in Developing Countries Due to the Transition Toward Digital Modernity. ICEGOV'18: *In Proceedings of the 11th International Conference on Theory and Practice of Electronic Governance*, Ireland (pp. 42-49). Association for Computing Machinery.
- Ponce-Corona, E., Sánchez, M. G., Fajardo-Delgado, D., Acevedo-Juárez, B., De-la-Torre, M., Avila-George, H., & Castro, W. (2020). Una revisión sistemática de la literatura enfocada al uso de vehículos aéreos no tripulados durante el proceso de detección de vegetación. *Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação*, 36, 8-101.

- Sibrian, K. A., & Amaya, K. V. (2019). Desafíos de la Industria 4.0 y Oportunidades de Desarrollo sostenible para América Latina y el Caribe. XII Congreso de Economistas de América Latina y el Caribe. <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.26772.86404>
- Sturtewagen, B., & Poel, D. V. D. (2021). Adding interpretability to predictive maintenance by machine learning on sensor data. *Computers & Chemical Engineering*, 152, 107381.
- Trigona, C., Graziani, S., & Baglio, S. (2020). Changes in sensors technologies during the last ten years: Evolution or revolution? *IEEE Instrumentation & Measurement Magazine*, 23(6), 18-22.
- Trotin, N., Sánchez de Prado, J., Ladret, P., & Vilchez Motino, P. (2017). Mantenimiento y rehabilitación de sistemas de atirantamiento: tecnologías, patologías tipo, inspección, monitorización y reparaciones. Hormigón y Acero.
- UTEC – Universidad de Ingeniería y Tecnología. (2018). ¿Qué significa ser parte de la IEEE en UTEC? <https://www.utec.edu.pe/blog-de-carreras/ingenieria-de-la-energia/que-significa-ser-parte-de-la-ieee-en-utec>
- Xu, M., Wang, S., Zhang, S. L., Ding, W., Kien, P. T., Wang, C., Li, Z., Pan, X., & Wang, Z. L. (2019). A highly sensitive wave sensor based on liquid-solid interfacing triboelectric nanogenerator for smart marine equipment. *Nano Energy*, 57, 574-580.
- Zhao, W., Ma, J., Wang, K. I-K. & Wang, J. (2017). Report of the 2017 IEEE Cyber Science and Technology Congress. MPDI. <https://www.mdpi.com/2076-3417/7/12/1299/pdf>
- Zonta, T., da Costa, C. A., da Rosa Righi, R., de Lima, M. J., da Trindade, E. S., & Li, G. P. (2020). Predictive maintenance in the Industry 4.0: A systematic literature review. *Computers & Industrial Engineering*, 150, 106889.

Pronóstico de la producción de petróleo crudo en el Perú, 2022-2023

Forecast of the production of Petroleum raw in Peru, 2022-2023

José Aldair Flores Juárez¹, Cristhian Nicolás Aldana Yarlequé¹
Instituto de Investigación en Economía y Eficiencia Productiva
Universidad Nacional de Frontera, Sullana, Piura, Perú.

RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo determinar el mejor modelo para el pronóstico mensual de la producción de petróleo para el 2022 y 2023, para lo cual se llevó a cabo la metodología de Box – Jenkins, haciendo uso de data del BCRP para la estimación de modelos de series de tiempo. En los resultados se observó que el año 2020 la producción de petróleo crudo se vio afectada por la COVID – 19; además se encontró componentes estacionarios y de tendencia, y que el modelo resultante sería un Holt Winter dado el patrón repetitivo en el componente estacionario. Finalmente, se concluye que el mejor modelo que puede explicar de manera eficiente la producción mensual de petróleo crudo en el Perú, podría ser un Holt Winter, obteniendo valores pronosticados para los próximos 12 meses, con valores ubicados en intervalos del 80% y 95% que siguen la dinámica de la producción mensual de petróleo crudo.

Palabras Claves: Producción de petróleo crudo, modelo Holt Winter, pronostico.

ABSTRACT

The objective of this research is to determine the best model for the monthly forecast of oil production for 2022 and 2023, for which the Box-Jenkins methodology was used, making use of BCRP data for the estimation of time series models. In the results it was observed that in 2020 crude oil production was affected by COVID - 19; in addition, stationary and trend components were found, and that the resulting model would be a Holt Winter given the repetitive pattern in the stationary component. Finally, it is concluded that the best model found for monthly crude oil production in Peru would be a Holt Winter, obtaining predicted values for the next 12 months, values located in intervals of 80% and 95% that follow the dynamics of the monthly crude oil production.

Keywords: Crude oil production, Holt Winter model, forecast.

¹ Estudiante de Ingeniería Económica, Instituto de Investigación en Economía y Eficiencia Productiva, Universidad Nacional de Frontera – UNF, Sullana, Piura, Perú.
Línea de Investigación: Economía, finanzas, eficiencia productiva, calidad y optimización
EMAIL: 2019201014@unf.edu.pe

1. INTRODUCCIÓN

En un entorno global y mundial, la producción mundial de crudo aumentó menos del 1 % en el año 2021 tras sufrir una caída del 7,4 % en el 2020. Ingresando en el contexto de la recuperación económica mundial gracias al aumento de tasas de vacunación contra el COVID – 19 y encontrándose con una flexibilización de las restricciones de la oferta se tiene como consecuencia que los precios internacionales del petróleo aumentaron casi el 70 % en el año 2021. Analizando la producción de EEUU la cual aumento un 1.3 % del 17 % de la producción total, se observó que Rusia se convirtió en el segundo mayor productor de crudo del mundo superando la producción de Arabia Saudita. En lo general en América del norte aumento 2.5 % en la producción mundial (ENERDATA, 2021).

Se pueden observar otras investigaciones utilizando método de pronóstico promedio móvil integrado autorregresivo (ARIMA) de Box Jenkins se utiliza para anticipar patrones futuros, además dicho modelo indica claramente el aumento porcentual en un determinado tiempo. Los resultados del estudio con modelos antes expuestos son de mucha ayuda principalmente para los inversores del mercado de materias primas y puedan diseñar sus estrategias de inversión teniendo en cuenta las futuras fluctuaciones del mercado internacional (Amar et al., 2022).

Uno de los factores que más influye en el comportamiento del precio y producción es la turbulencia geopolítica que inciden en la actividad económica (Zhang et al, 2022).

En el 2021, la producción mundial de este recurso energético experimentó un crecimiento de algo más de un millón de barriles diarios con respecto al año anterior, situándose en torno a los 89,9 millones (Department, 2022). En el ámbito nacional, de acuerdo con Comex Perú (2022) cuando se habla de la extracción de Petróleo, gas, minerales y servicios, estas son las actividades más importantes para la economía del Perú, dándole un análisis concreto al INEI, se puede analizar que en el año 2021 el PBI del petróleo registro un monto de S/ 61516 millones los cuales representan un aproximado del 11 % de toda la economía del Perú (PBI NACIONAL), lo que proporciona a la producción de petróleo y gas natural como una de las actividades económicas que más contribuyo en el crecimiento económico del Perú acompañado del sector manufactura (13 % del PBI).

Para el problema identificado ¿cuál es el mejor modelo para el pronóstico de la producción de petróleo aplicando series de tiempo en el periodo de setiembre 2022 hasta agosto 2023?, es necesario tomar como variable la producción mensual de petróleo en el Perú, la cual se define como una actividad minera que se puede dar por encima o por debajo de la superficie terrestre.

De acuerdo a lo que afirma Montes y Mantilla (2016), en la generación de pronósticos de producción es posible aplicar series de tiempo especialmente en la producción del petróleo, incluyendo la tendencia como los componentes cíclicos y estacionales de los datos de producción. Se comparó el error absoluto existente entre los datos reales y los pronósticos obtenidos por metodologías convencionales y la aplicación de modelos de series de tiempo. El uso de estas series permitió obtener un mejor ajuste histórico de los datos, evidenciar que pueden presentarse otras tendencias en la declinación (por ejemplo, la cúbica) y aumentar la precisión de los pronósticos generados.

Limache (2021), propone un modelo de pronóstico de series de tiempo en base a patrones y variables endógenas del consumo de agua potable, determinando componentes de la serie de tiempo y características del agua de la ciudad de Tacna, con el fin de realizar los pronósticos. Teniendo en cuenta una metodología no experimental, correlacional y

longitudinal, a partir de una serie de tiempo mensual, periodo 2016 a marzo 2018, Limache aplicó el modelo Arima y método de Box Jenkins, con el propósito de desdoblar la serie de tiempo en componentes de tendencia y patrones de estacionalidad, además de la realización del modelo de pronóstico obtenido con un ARIMA (0,1,1) (0,1,1)¹².

2. MÉTODOS Y MATERIALES

2.1. Diseño

Según la naturaleza de la medición el estudio de la investigación es cuantitativa, de acuerdo con la temática se trata de una investigación aplicada. Además, la profundidad del estudio es de forma retrospectiva. Para esta investigación el diseño es no experimental ya que los datos son obtenidos de fuentes secundarias; observando el comportamiento y mediante técnicas econométricas se realizó el análisis respectivo.

Para la investigación se trabajó con la base de datos mensual del Banco Central de Reserva del Perú, referente a la producción del cobre en el Perú, a partir del mes de enero de 2000 hasta agosto del 2022, para luego realizar el pronóstico para el año 2022. Dicha data se trabajó como una serie de tiempo, para luego identificar sus diferentes componentes, especialmente la estacional y de tendencia.

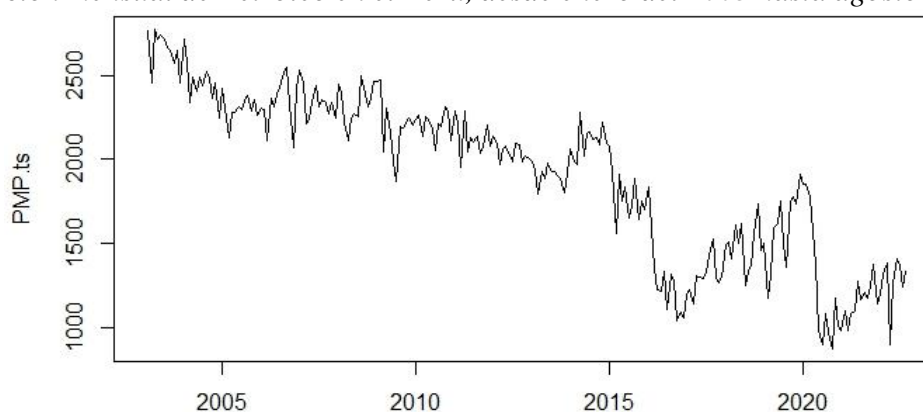
Posteriormente a ello, aplicando la metodología de Box – Jenkins, una descomposición del modelo ARIMA (1,2,1) y la aplicación del método de Holt-Winter. Para la selección de la muestra, se trabajó con la serie de producción de petróleo en el Perú del periodo enero 2000 – agosto 2022, conformada por 236 datos.

3. RESULTADOS Y DISCUSIONES

La figura 1, muestra la evolución de la producción de petróleo, uno de los hidrocarburos con mayor producción en el Perú durante los últimos años, de aquello se puede confirmar que desde el año 2000 hasta agosto del 2022 la mayor producción sin duda fue en el mes marzo del año 2003 con una producción de 2771.784 miles de barriles.

Figura 1.

Producción mensual de Petróleo en el Perú, desde enero del 2003 hasta agosto del 2022.



Nota. Elaboración propia, utilizando RStudio.

De acuerdo con la figura 2, se puede observar la evolución de la producción de petróleo y la descomposición de la serie tanto en tendencia, estacionalidad y el componente aleatorio. Se nota que el componente estacional, representado por el gráfico de la tercera fila, existe un patrón repetitivo cada doce meses. La componente de tendencia muestra

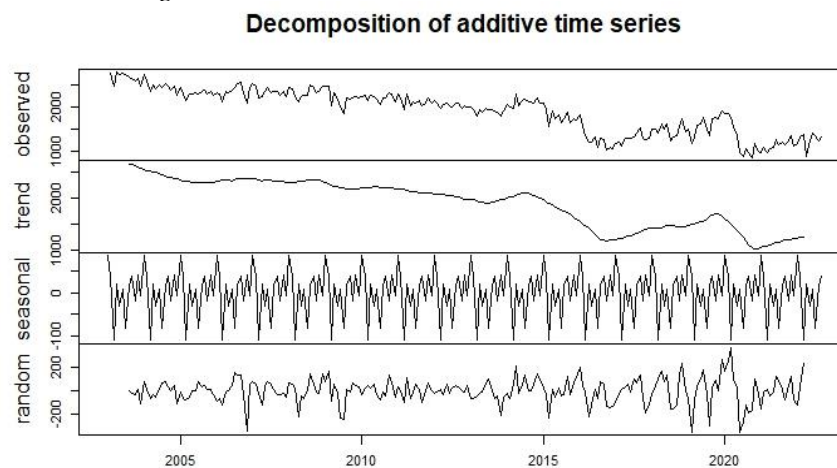
una evolución negativa en el tiempo lo que significa que a partir del 2015 la tendencia a disminuir es más pronunciada.

3.1. Análisis de Datos

En la figura 3, se observa la componente de estacionalidad que existe en la producción de petróleo después de aplicar la primera diferencia en los datos desde enero 2000-2022, agosto.

Figura 2.

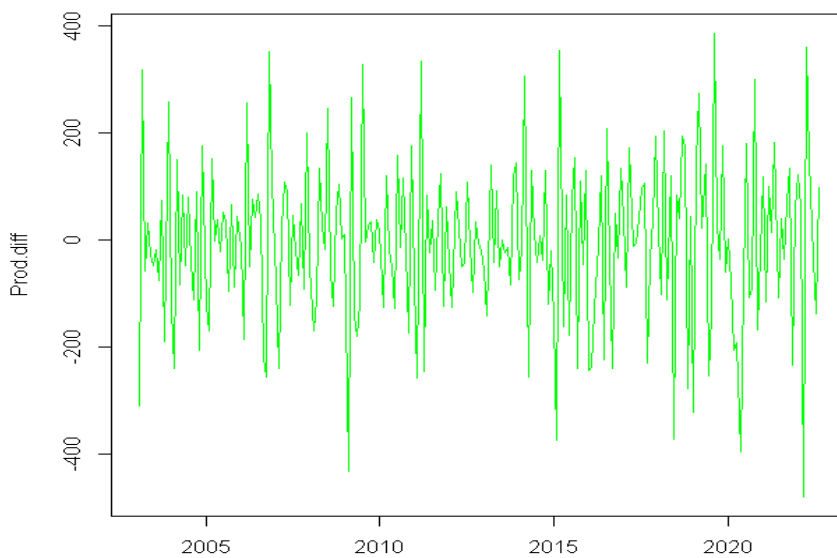
Descomposición de la serie de tiempo de la producción de petróleo en el Perú, desde enero del 2000 hasta agosto del 2022.



Nota. Elaboración propia, utilizando RStudio.

Figura 3.

Primera diferencia de la producción mensual de petróleo desde enero del 2000 hasta agosto del 2022.



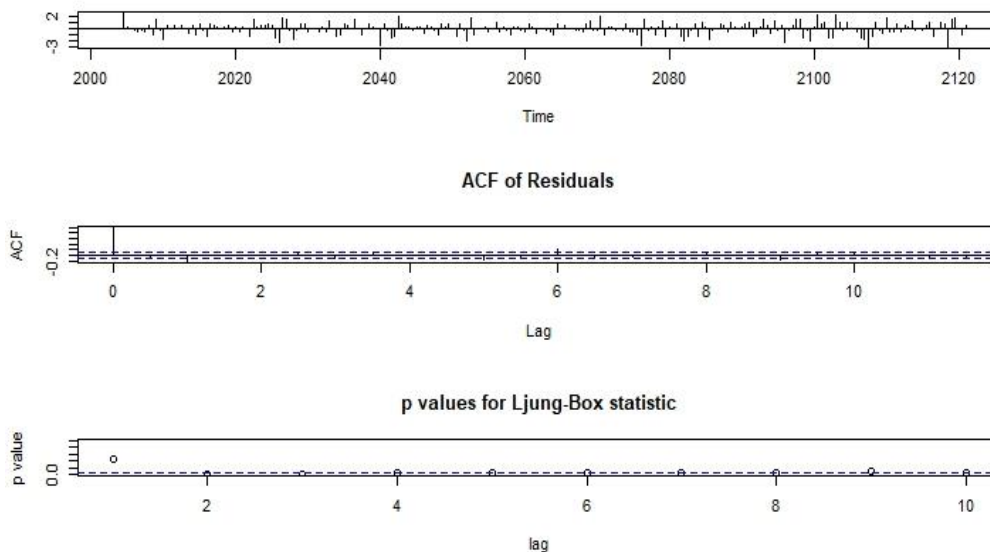
Nota. Elaboración propia, utilizando RStudio.

La ilustración mostrada en la figura 4, analiza una descomposición del modelo ARIMA (1,2,1) donde se observa la estandarización de los residuos, una media de 0, y un p valor entre 0,4 y 0.

En la figura 5, se observa que el error residual de la producción de petróleo con el modelo ARIMA (1, 2, 1) tiene una media de 0 por lo tanto el modelo estimado tendrá un resultado verdadero.

Figura 4.

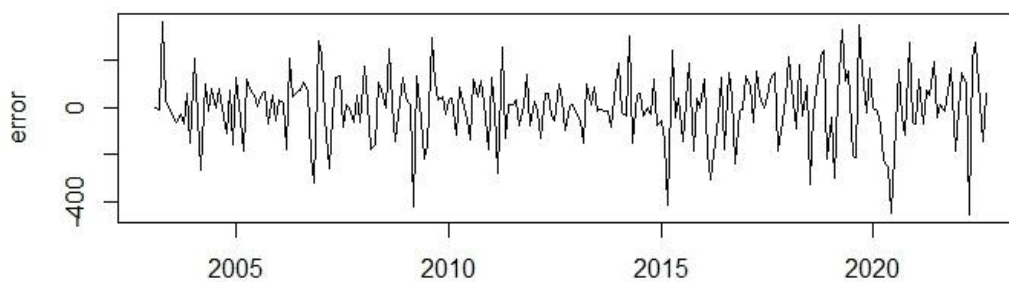
ACF y PACF del residuo de ARIMA (1,2,1) desde enero del 2000 hasta agosto del 2022.
Standardized Residuals



Nota. Elaboración propia, utilizando RStudio.

Figura 5.

Error residual del ARIMA (1,2,1) desde enero del 2000 hasta agosto del 2022.



Nota. Elaboración propia, utilizando RStudio.

3.2. Presentación de los datos

En la tabla 1, se encontró que el mejor modelo seleccionado mediante el algoritmo diseñado fue un ARIMA (1,2,1). Además, se ha visualizado que solo el coeficiente MA (1) del orden estacional es significativo.

Tabla 1.

Nivel de significancia en los coeficientes seleccionados por la función ARIMA

Variable independiente	
AR1	-0.3243 (0.0623)
MA1	-1 (0.0111)

Nota. Elaboración propia, utilizando RStudio.

De acuerdo con los resultados de la tabla 1, se aplicó la prueba de Dickey – Fuller donde se observa un p-valor de 0,09193, que es mayor al nivel de significancia al 5 %, por lo cual, no se puede rechazar la hipótesis nula concluyendo que la serie de tiempo es estacionaria. Por lo tanto, para que la serie de tiempo de la producción de petróleo en el Perú se convierta en estacionaria se aplica las primeras diferencias a la producción de petróleo crudo.

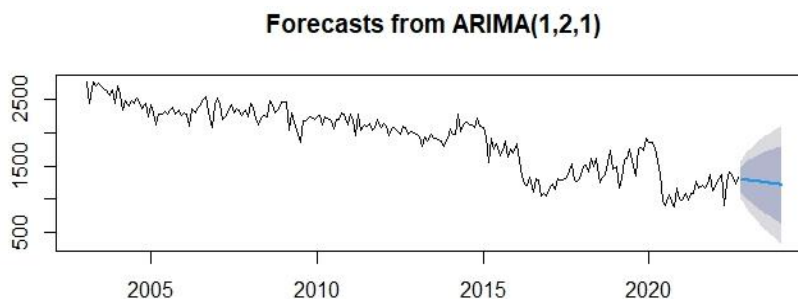
En la figura 6, se muestra el pronóstico a diciembre del 2023 (16 periodos) a futuro en la producción mensual de petróleo en el Perú.

Los pronósticos para el año 2023 recoge los valores proyectados para los meses de setiembre 2022 de 1294.319, octubre 2022 de 1299.376, noviembre 2022 a diciembre 2022 de 1285.219, enero 2023 de 1278.965, febrero 2023 de 1273.206, marzo 2023 de 1267.286, abril 2023 de 1261.419, mayo 2023 de 1255.534, junio 2023 de 1249.655, julio 2023 de 1243.775, agosto 2023 de 1237.894, setiembre 2023 de 1232.014, octubre 2023 de 1226.134, noviembre 2023 de 1220.253, diciembre 2023 de 1214.373 respectivamente.

En la proyección pronosticada se observa que la producción de petróleo se encuentra entre los valores de 1250 a 1300 respectivamente, lo cual muestra una tendencia negativa en su producción para los últimos años.

Figura 6.

Pronóstico de la producción de petróleo en el Perú para los próximos 16 meses. ARIMA (1,2,1)

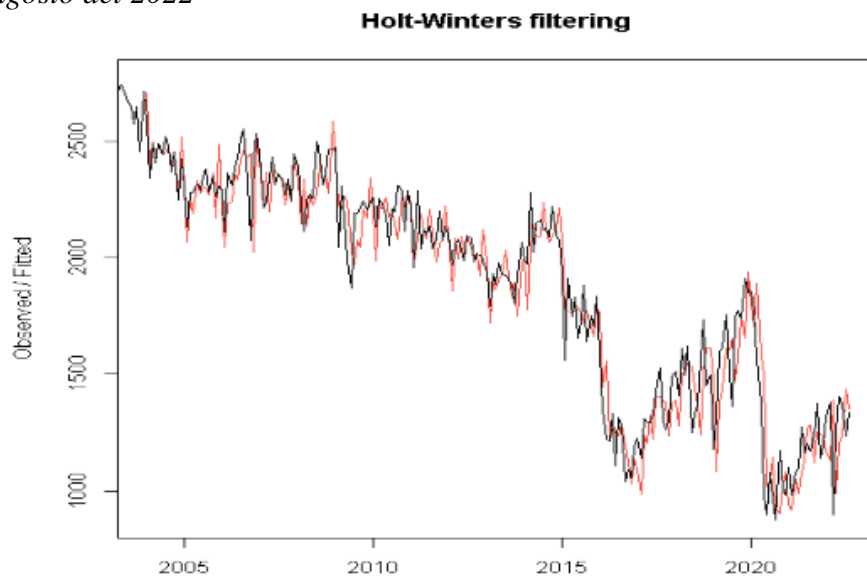


Nota. Elaboración propia, utilizando RStudio.

En la figura 7, se muestra la data ajustada o filtrada con la aplicación del método de Holt-Winter de la producción de petróleo en el Perú desde enero del 2000 hasta agosto del 2022.

Figura 7

Data ajustada de Holt-Winter de la producción de petróleo desde enero del 2000 hasta agosto del 2022

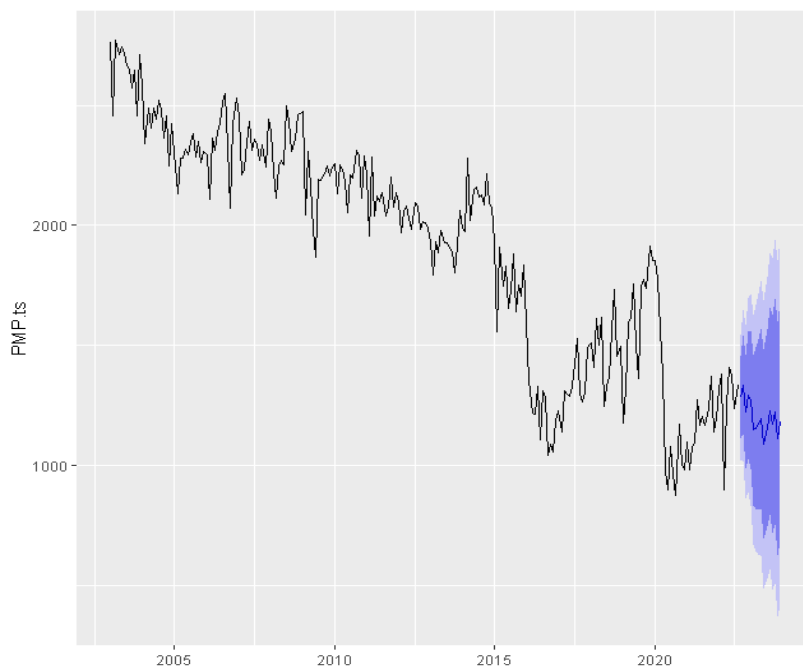


Nota. Elaboración propia, utilizando RStudio.

En la figura 8, se aprecia el pronóstico de producción de petróleo en el Perú aplicando el modelo de Holt Winter, donde la proyección se ajusta a la serie de tiempo, teniendo una pendiente negativa que expresa la caída de la producción de petróleo, pero ya para el 2023 se espera una mayor producción de petróleo dependiendo de las condiciones a la cual este sometido, entorno a su producción.

Figura 8.

Pronóstico de la producción de petróleo en el Perú para el próximo diciembre del 2023 aplicando el método de Holt-Winter



Nota. Elaboración propia, utilizando RStudio.

Los resultados muestran que el mejor modelo que pronostica la producción mensual de petróleo es un modelo Holt-Winter. En trabajos previos se ha observado que la dinámica

de la producción en la demanda eléctrica del sector minas y canteras en Colombia tuvo como modelo hallado un modelo Holt-Winter el cual tuvo un menor error de pronóstico con un alto grado de certeza. Finalmente se pudo concluir que con el modelo de pronóstico hallado se comprenderá la dinámica de consumo para la contribución de valores a la toma de decisiones. Resultados que son muy similares a lo encontrado para la producción de petróleo en el Perú.

A nivel nacional se puede ver que la tesis realizada en Lambayeque sobre la calidad de producción de electricidad mostró un modelo SARIMA (2,1,2) (1,1,0) con una estacionalidad cada 12 meses, en este trabajo no se observa tendencia y no es estacionaria. Realizar más estudios sobre la producción de petróleo a nivel nacional sería de gran utilidad para el sector hidrocarburos, en los estudios acerca de la producción de petróleo se pueden incluir variables para disminuir error y favorecer la exactitud de los resultados. Además, se pueden hacer uso de otras metodologías para realizar un estudio comparativo entre modelos macroeconómicos y nivel de exactitud.

4. CONCLUSIONES

Estudiar la producción de petróleo es muy importante, ya que es uno de los principales combustibles en producirse, genera empleo y contribuye al crecimiento económico de Perú; por ello al conocer su comportamiento en el tiempo será de gran ayuda dado que con los aumentos del precio del petróleo se pueden obtener muchas más ganancias. La data extraída muestra una tendencia decreciente con una tendencia a crecer en algunos años, adicionalmente se puede decir que la pandemia si afecto la producción petrolera ya que se tuvo una fuerte caída en el 2020, durante los meses en los que comenzaron las restricciones por COVID – 19 se observa que la serie de tiempo tiene un componente estacional, con un patrón repetitivo.

Haciendo uso de la metodología Holt Winter se ajustó la serie de tiempo, encontrando que el mejor modelo que pronostica la producción de petróleo en el Perú para el presente trabajo fue el modelo Holt Winter, que muestra un nivel de significancias residuos indicando que el modelo presenta autocorrelación y no presenta normalidad en los residuos. Asimismo, la serie es estacionaria debido a que el p-value y el test de Dickey-Fuller respectivamente muestran un nivel de significancia menor del 5 %. Luego se pronosticó que para los próximos 16 meses la producción sería 1282.411, 1335.273, 1221.714, 1292.556, 1273.649, 1146.960, 1155.434, 1171.459, 1195.558, 1086.545, 1155.834, 1227.716, 1171.797, 1224.660, 1111.100, 1181.943 valores próximos que siguen el ritmo de la serie de tiempo y muestran la dinámica de la producción mensual de cobre en el Perú.

Sin embargo, el modelo Holt Winter seleccionado para el pronóstico, evidencia un error mucho menor al ARIMA (1,2,1), siendo aceptable; dado que, los datos pronosticados mantienen la misma dinámica que en el periodo analizado.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alegre, V., & Lozano, J. (2022). Aplicación de métodos de Deep Learning en series de tiempo para el pronóstico de situaciones macroeconómica en américa latina. *Revista de la carrera de Ingeniera de Sistemas*. Recuperado el 14 de noviembre de 2022, de <https://revistas.ulima.edu.pe/index.php/Interfases/article/view/5817>
- Babativa, C. (2017). *Investigación Cuantitativa*. Bogotá: Fundación Universitaria del Área Andina. Obtenido del enlace: <https://digitk.areandina.edu.co/bitstream/handle/areandina/3544/Investigaci%C3%B3n%20cuantitativa.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Bermúdez, D., & González, M. (2019). Producción de petróleo y gas en Venezuela: análisis mediante la función de Cobb-Douglas. *Revista UIS Ingenierías*, 183-192. Obtenido <https://www.redalyc.org/journal/5537/553762534020/553762534020.pdf>
- Bnamericas. (2022). Bnamericas: Producción nacional de petróleo en Perú se desploma en marzo. Obtenido del enlace: <https://www.bnamericas.com/es/noticias/produccion-nacional-de-petroleo-en-peru-se-desploma-en-marzo>
- Carrasco, F. (2020). Pronóstico de la producción de las principales frutas en la región de Piura. Un análisis econométrico con el método de Box-Jenkins. *Revista UNAP*, 9(2), 14. <http://revistas.unap.edu.pe/seconomico/index.php/SECONOMICO/article/view/386/342>
- Kumar Mishra, A., Simarjeet Singh , & Swati Gupta. (2022). Previsión de tendencias futuras en el petróleo crudoproducción en India utilizando Box-JenkinsARIMA. *AIP Conference Proceedings*. doi:DOI: 10.1063/5.0103682
- Zhikai, Z., Mengxi, É., & Yaojie, Z. (2022). Tendencias de riesgo geopolítico ycrudo aceiteprevisibilidad de precios. *Elsevier*. doi:10.1016/j.energy.2022.12482

Impacto del cambio climático en la producción acuícola de la región Piura, 2005-2019

Impact of climate change on aquaculture production in the Piura region, 2005-2019

Rebeca Fiorella Castillo Coveñas¹, Cristhian Nicolás Aldana Yarlequé¹
Instituto de Investigación en Economía y Eficiencia Productiva
Universidad Nacional de Frontera, Sullana, Piura, Perú.

RESUMEN

El sector pesquero es un elemento estratégico para la economía del Perú, principalmente por ser una importante fuente generadora de divisas después de la minería, por lo que se destaca particularmente la importancia de analizar el impacto del cambio climático en la producción acuícola de la región Piura. En tal sentido, la metodología utilizada consistió en relacionar las variables climáticas de la temperatura máxima y mínima, precipitación y humedad relativa con la producción de la concha de abanico, langostinos y tilapia, mediante la aplicación de los filtros Hodrick-Prescott ($\lambda = 100$) y de las pruebas de hipótesis de Dickey-Fuller. Los resultados muestran que cada producción tiene una variación diferente de temperatura mínima y máxima dentro del rango permisible; por lo que, la posibilidad de realizar pronósticos con respecto al efecto del cambio climático se ve limitada por la escasa información disponible. Las variables climáticas y su relación con la producción explican en más del 50 % su comportamiento, por lo que se puede concluir que la producción de langostino es estacionaria en su primer nivel. Para el año 2020 se destaca la producción de conchas de abanico con un 36 %, se ubicó por arriba de los langostinos que tuvo un 26 %, verificando su estacionalidad en el segundo nivel.

Palabras clave: Tilapia, concha abanico, langostino, variables climáticas.

ABSTRACT

The fisheries sector is a strategic element for Peru's economy, mainly because it is an important source of foreign exchange after mining, so it is particularly important to analyze the impact of climate change on aquaculture production in the Piura region. In this regard, the methodology used consisted of relating the climatic variables of maximum and minimum temperature, precipitation and relative humidity with the production of fan shell, shrimp and tilapia, by applying Hodrick-Prescott filters ($\lambda = 100$) and Dickey-Fuller hypothesis tests. The results show that each production has a different variation of minimum and maximum temperature within the permissible range, so the possibility of making forecasts regarding the effect of climate change is limited by the scarce information available. Climatic variables and their relationship with production explain more than 50% of its behavior, so it can be concluded that shrimp production is stationary in its first level. For the year 2020, the production of fan shells stands out with 36%, above the prawns which had 26%, verifying its stationarity in the second level.

Keywords: Tilapia, fan shell, shrimp, climatic variables.

¹ Estudiante de Ingeniería Económica, Instituto de Investigación en Economía y Eficiencia Productiva, Universidad Nacional de Frontera – UNF, Sullana, Piura, Perú.

Línea de Investigación: Economía, finanzas, eficiencia productiva, calidad y optimización
EMAIL: 2019201007@unf.edu.pe

1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, existe un diagnóstico de vulnerabilidad de la región Piura en el sector Pesquero y Acuícola frente al cambio climático, el señala que la actividad pesquera y acuícola en Piura registró un incremento de 50% en el periodo 2007 al 2013, alcanzando así en el 2013 los 514 millones de nuevos soles, que representa el 3% del valor agregado bruto total de la región. Según el INEI, la producción del sector primario estuvo promovida por la pesca y logró crecer más del 7%.

Según la Dirección General de Sostenibilidad Pesquera del Ministerio de la Producción el cambio climático afecta al sector pesca generando impactos ecológicos que afectan la productividad, distribución de especies, variabilidad de captura, estacionalidad de producción y cambios en el nivel del mar, además, genera impactos directos como infraestructuras, engranajes dañados en el mar, pérdida e incrementos de las rutas de navegación e inundación de comunidades de pesca. En el plano socioeconómico genera afluencia de pescadores migrantes, enfermedades y reducción de la rentabilidad en otros sectores.

Las altas temperaturas del mar peruano están cambiando radicalmente la manera en que los peces se mueven y habitan las corrientes oceánicas. Una de ellas, la de Humboldt es la más grande del mundo y conforma el ecosistema marino con mayor diversidad biológica y productividad por unidad de superficie. El Perú es el noveno productor pesquero a nivel mundial y el primero a nivel latinoamericano, con una producción de casi 4 millones de toneladas métricas cada año (PRODUCE, 2019).

Sin embargo, la corriente de Humboldt es una de las que más se ha visto afectada por el cambio climático, donde los efectos adversos se traducen en eventos devastadores para los ecosistemas marinos. Se calcula que alrededor de 56 millones de personas en el mundo subsisten de diferente manera de la pesca, fuente generadora de empleo en muchos países del mundo. Por lo tanto, el avance del calentamiento global podría poner en jaque la mayor fuente de supervivencia de gran parte de la población mundial, incidiendo de manera negativa en los ecosistemas marinos (PRODUCE, 2016).

Se han identificado los riesgos climáticos actuales a los que se encuentra expuesto la actividad pesquera, evaluando a nivel regional las dimensiones socioeconómicas, político-institucionales y ambientales, y con ello la propuesta de medidas de adaptación para la actividad acuícola en el “Estudio del Comportamiento de la Oferta Exportable Acuícola Ecuatoriana bajo los efectos del cambio climático en la Costa”.

Asimismo, el análisis del comportamiento de la oferta exportable acuícola ecuatoriana específicamente del camarón *Litopenaeus Vannamei* bajo los efectos de la variabilidad climática, toma en cuenta la incidencia de la temperatura superficial del mar, la temperatura ambiental, las precipitaciones sobre el total de libras exportadas y el FOB-UDS total que estas generaron, desarrollando un análisis interno y externo del sector camaronero mediante herramientas conocidas como FODA y PESTEL que buscan identificar el impacto y la relación entre las variables del cambio climático y el comportamiento de la oferta exportable.

El análisis de imágenes Landsat en los períodos 2007/2016 y 2017/2018, obtenidas en el Instituto Espacial Ecuatoriano, permitió evaluar la influencia de actividades de producción acuícola (*Litopenaeus vannamei*) en el cambio de uso del suelo del humedal.

Utilizando los sistemas de información geográfica se realizaron mapas temáticos para identificar los distintos usos del suelo y se calculó la tasa de cambio en los periodos antes mencionados. Los resultados muestran que el uso del suelo de la actividad acuícola de camarón aumentó entre el 2007 al 2016 en un 19,76 % y, entre el 2017 al 2018 en un 19,70 %. Con esto se concluye que las actividades de producción acuícola tienen un crecimiento acelerado en el sector, influyendo en el cambio de uso del suelo y trayendo consecuencias como la disminución del cuerpo de agua natural.

De acuerdo con el Instituto Nacional de Pesca (INP) del Ecuador, los cambios en la abundancia de peces estarían asociados a la sobre explotación pesquera, sin embargo, también escenarios de cambio climático pueden provocar cambios en su abundancia y organización espacial en especies de resiliencia reducida. La susceptibilidad del sector camaronero a precipitaciones frecuentes y cambios en las condiciones principalmente biológicas en su fuente de agua por el incremento de temperatura, podrían afectar los rendimientos actuales de producción.

Tomando como antecedentes investigaciones realizadas en Ecuador, por su cercanía con el mar y la costa de la región Piura es que se puede realizar un análisis del impacto del cambio climático en la producción acuícola de la región Piura.

La acuicultura en nuestro país tiene un escaso nivel de desarrollo, comparado con otros países de la región y está orientada al cultivo de pocas especies. Al primer semestre de 2008 el 82,91 % del área otorgada (19110,06 ha) corresponde a la actividad acuícola marina y 17,09 % (3938,93 ha) a la actividad acuícola continental. Los cultivos más desarrollados son los de concha de abanico y langostino, cuyas producciones son destinadas principalmente a la exportación. Asimismo, el cultivo de trucha se desarrolla en las zonas altoandinas y está dirigido tanto al mercado local como al de exportación. Otras especies cultivadas en zonas tropicales son peces nativos (Gamitana, Paco y Boquichico), y su producción se orienta al mercado local. Finalmente, la tilapia es cultivada en selva alta (San Martín) para consumo local y en la costa norte del país, para mercado interno y para exportación. La Actividad de acuicultura en el Perú se ha venido incrementando en los últimos años, a finales del año 2000, se contaba con 1115 derechos otorgados en 10809 hectáreas de espejo de agua vigentes, al primer semestre de 2008 existen 3172 derechos de acuicultura en 23048,99 hectáreas de espejo de agua, lo cual señala que la actividad de acuicultura se está convirtiendo en una alternativa de desarrollo para la población.

En lo que respecta a langostinos, la producción piurana se centra en una innovadora adaptación de la especie al cultivo en agua dulce, y en integración con la agroindustria en el uso del valioso recurso agua (economía circular). Mientras que, el emprendimiento de producción de tilapia emplea tecnología de mayor nivel, mejores estrategias comerciales y constituye una de las acuiculturas de la especie de mayor importancia en el país.

Por detrás de Piura, se ubicó Puno, con un 24 % de la producción acuícola nacional en el 2020; mientras que, el tercer lugar fue para Tumbes, con el 23 % de la producción del sector. Entre Piura, Puno y Tumbes acapararon casi el 80 % de la producción acuícola peruana el año pasado.

El crecimiento se explica en la diversificación de la producción de Piura en tres especies: conchas, langostinos y tilapia.

De acuerdo con Christian Berger, especialista de Ingeniería Acuícola de la Universidad Científica del Sur, afirmó que “En particular, es remarcable la significativa producción de concha de abanico, mucha de ella a partir de la gestión de organizaciones de pescadores artesanales convertidos en acuicultores, así como también de empresas tecnificadas. Ello conlleva favorables impactos sociales, económicos y comerciales”.

En el 2020, el sector acuícola produjo más de 141000 toneladas, de acuerdo con PRODUCE. Dicho monto permitió que en el periodo del 2013 al 2020, el sector registrara un crecimiento promedio anual del 20 %. Este avance se justifica en el impulso de medidas promotoras para la acuicultura, así como la concreción de nuevas inversiones y emprendimientos, y en la aplicación nuevos sistemas intensivos de producción, como el caso de los langostinos en invernaderos, que han derivado en mayores rendimientos.

Pese a ello, la acuicultura peruana se mantiene como poco diversificada y vulnerable a diferentes amenazas, entre las que destacan las climáticas, de competitividad y de eventuales epidemias. En la concentración de la acuicultura peruana en el año 2020 resaltan las truchas (51910 toneladas, un 37 % del total), las conchas de abanico (47002 toneladas, 33 %) y los langostinos (36725 toneladas, 26 %).

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Variables Climáticas

A). Humedad Relativa

La humedad relativa (HR) es la medida del contenido de vapor de agua en el aire, es la cantidad de vapor de agua presente en el aire expresada como un porcentaje (% HR) de la cantidad necesaria para lograr la saturación a esa temperatura. La humedad relativa es fuertemente proporcional a la temperatura y altamente sensible a sus cambios. Esto significa que, si tiene una temperatura estable en su sistema, su humedad relativa también lo será. Además de la temperatura, la humedad relativa también depende de la presión del sistema en cuestión.

B). Temperatura máxima

La temperatura máxima es la mayor temperatura registrada en un día (máxima diaria). También se le puede aplicar al mes (máxima mensual), al año (máxima anual) o bien referirse a la temperatura máxima registrada en un lugar durante un largo período de tiempo (máxima absoluta) (SISDHIM).

C). Temperatura mínima

Es el valor más bajo de la temperatura del aire registrada durante un periodo de observación (cada 24 horas). La temperatura mínima es uno de los elementos más importantes del tiempo, que ejerce gran influencia en la vida humana, en la de los animales y de las plantas. Es un elemento determinante de las condiciones de vida y productividad en las diversas regiones del país. La temperatura mínima alcanzada en el día es registrada diariamente, mediante el uso de termómetros de alcohol, en los que un menisco en el tubo capilar es desplazado hasta alcanzar el valor mínimo. (SISDHIM, Sistema de Información del Medio Ambiente)

D). Precipitación

El término precipitación se utiliza en meteorología para referirse a todos los fenómenos de la caída de agua del cielo en cualquier forma: lluvia, granizo, nieve, entre otros.

La precipitación se conoce generalmente como precipitaciones, en plural, para reflejar la diversidad de estos eventos climáticos.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Análisis de la evolución de las series estadísticas del sector acuícola

La tabla 1, muestra la serie de tiempo anual de los niveles de producción de concha de abanico en la región Piura, desde el año 2005 al 2019.

En la figura 1, se muestra el comportamiento de la serie de tiempo anual de la producción de concha de abanico en la región Piura, mediante la aplicación de los filtros Hodrick-Prescott ($\lambda = 100$).

Tabla 1.

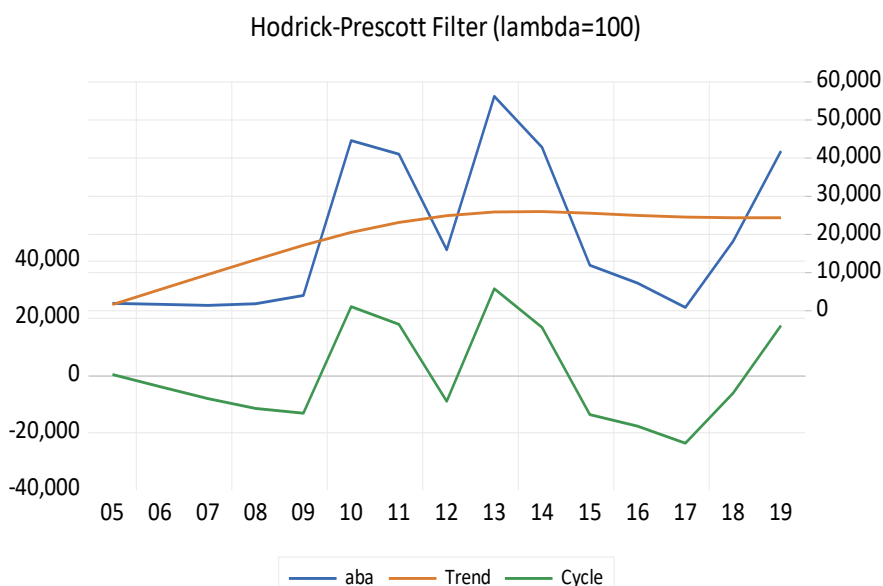
Producción de concha de abanico desde el 2005 al 2019

N	Año	Especie	Producción
1	2005	1	1949.1
1	2006	1	1678.7
1	2007	1	1409.5
1	2008	1	1847.2
1	2009	1	3967.2
1	2010	1	44581.1
1	2011	1	41038.8
1	2012	1	15940.0
1	2013	1	56205.7
1	2014	1	42807.4
1	2015	1	11891.6
1	2016	1	7205.8
1	2017	1	838.9
1	2018	1	18225.6
1	2019	1	41860.9

Nota. Elaboración propia, datos tomados de PRODUCE

Figura 1

Comportamiento de la serie anual de la producción de concha de abanico en la región Piura, desde el 2005 al 2019.



Nota. Elaboración propia, datos tomados de PRODUCE

En la tabla 2, se muestra la prueba de hipótesis realizada a la producción de concha de abanico en la región Piura, para lo cual se define que:

- H0: La serie producción conchas de abanico presenta raíz unitaria y no es estacionaria
- H1: La serie producción conchas de abanico no presenta raíz unitaria y es estacionaria

Si el p-value es mayor al 5 %, acepto H0; si el p-value es menor al 5 % rechazo H0. Como el p-value es igual a 0,47 mayor que 0,05, entonces acepto la hipótesis nula y la serie producción de concha de abanico presenta raíz unitaria, por lo tanto, es no estacionaria.

Tabla 2.

Prueba de hipótesis de la producción de concha de abanico

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-2.161232	0.4721
Test critical values:		
1% level	-4.800080	
5% level	-3.791172	
10% level	-3.342253	

*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Warning: Probabilities and critical values calculated for 20 observations and may not be accurate for a sample size of 14

Augmented Dickey-Fuller Test Equation

Dependent Variable: D (ABA)

Method: Least Squares

Sample (adjusted): 2006 - 2019

Included observations: 14 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
ABA (-1)	-0.608524	0.281563	-2.161232	0.0536
C	7171.115	11211.08	0.639646	0.5355
@Trend ("2005")	870.4342	1322.855	0.657997	0.5241
R-squared	0.298788	Mean dependent var		2850.838
Adjusted R-squared	0.171295	S.D. dependent var		21236.90
S.E. of regression	19332.63	Akaike info criterion		22.76439
Sum squared resid	4.11E+09	Schwarz criterion		22.90133
Log likelihood	-156.3507	Hannan-Quinn criter.		22.75171
F-statistic	2.343567	Durbin-Watson stat		1.763587
Prob(F-statistic)	0.141961			

Nota. Elaboración propia, software de análisis econométrico EViews

En la tabla 3, se muestra la prueba de hipótesis realizada a la producción de concha de abanico en primera diferencia en la región Piura, para lo cual se define que:

H0: La serie producción conchas de abanico en primera diferencia presenta raíz unitaria y no es estacionaria

H1: La serie producción conchas de abanico en primera diferencia no presenta raíz unitaria y es estacionaria

Como el p-value es igual a 0,41 mayor al 0,05, entonces acepto la hipótesis nula y la serie producción concha de abanico en primera diferencia presenta raíz unitaria, por lo tanto, es no estacionaria.

En la tabla 4, se muestra la prueba de hipótesis realizada a la producción de concha de abanico en la región Piura, para lo cual se define que:

H0: La serie producción conchas de abanico en segunda diferencia presenta raíz unitaria y no es estacionaria

H1: La serie producción conchas de abanico en segunda diferencia no presenta raíz unitaria y es estacionaria

Como el p-value es igual a 0,02 menor al 0,05, entonces rechazo la hipótesis nula y la serie producción de concha de abanico en segunda diferencia no presenta raíz unitaria, por lo tanto, es estacionaria.

Tabla 3.

Prueba de hipótesis de la producción de conchas de abanico en primera diferencia

Null Hypothesis: D(ABA) has a unit root

Exogenous: Constant, Linear Trend

Lag Length: 3 (Automatic - based on SIC, maxlag=3)

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-2.276549	0.4084
Test critical values:		
1% level	-5.295384	
5% level	-4.008157	
10% level	-3.460791	

*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Warning: Probabilities and critical values calculated for 20 observations and may not be accurate for a sample size of 10

Augmented Dickey-Fuller Test Equation

Dependent Variable: D(ABA,2)

Method: Least Squares
 Sample (adjusted): 2010 - 2019
 Included observations: 10 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
D(ABA (-1))	-3.643805	1.600583	-2.276549	0.0851
D(ABA (-1), 2)	2.281637	1.334281	1.710012	0.1624
D(ABA (-2), 2)	1.198172	0.877877	1.364852	0.2440
D(ABA (-3), 2)	0.813345	0.480437	1.692928	0.1657
C	63299.05	43376.69	1.459287	0.2183
@Trend("2005")	-6100.734	4401.449	-1.386074	0.2380
R-squared	0.795708	Mean dependent var		2151.527
Adjusted R-squared	0.540344	S.D. dependent var		37421.39
S.E. of regression	25370.94	Akaike info criterion		23.40431
Sum squared resid	2.57E+09	Schwarz criterion		23.58586
Log likelihood	-111.0215	Hannan-Quinn criter.		23.20514
F-statistic	3.115971	Durbin-Watson stat		1.699498
Prob(F-statistic)	0.146760			

Nota. Elaboración propia, software de análisis econométrico EViews

Tabla 4.

Prueba de hipótesis de la producción de conchas de abanico en segunda diferencia

Null Hypothesis: D(ABA,2) has a unit root
 Exogenous: Constant, Linear Trend
 Lag Length: 1 (Automatic - based on SIC, maxlag=3)

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-4.807291	0.0153
Test critical values:		
1% level	-5.124875	
5% level	-3.933364	
10% level	-3.420030	

*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Warning: Probabilities and critical values calculated for 20 observations and may not be accurate for a sample size of 11

Augmented Dickey-Fuller Test Equation

Dependent Variable: D(ABA,3)

Method: Least Squares

Sample (adjusted): 2009 2019

Included observations: 11 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
D(ABA (-1), 2)	-2.354459	0.489768	-4.807291	0.0019
D(ABA (-1), 3)	0.666442	0.293429	2.271221	0.0574
C	-8403.267	26598.40	-0.315931	0.7613
@Trend ("2005")	1249.678	2791.773	0.447629	0.6679
R-squared	0.831241	Mean dependent var		503.7818
Adjusted R-squared	0.758916	S.D. dependent var		59473.38
S.E. of regression	29201.62	Akaike info criterion		23.67712
Sum squared resid	5.97E+09	Schwarz criterion		23.82181
Log likelihood	-126.2242	Hannan-Quinn criter.		23.58592
F-statistic	11.49310	Durbin-Watson stat		1.920284
Prob(F-statistic)	0.004284			

Nota. Elaboración propia, software de análisis econométrico EViews

La tabla 5, muestra la serie anual de niveles de producción de langostino desde el año 2005 al 2019.

Tabla 5.

Producción del langostino en la región Piura desde el 2005 al 2019

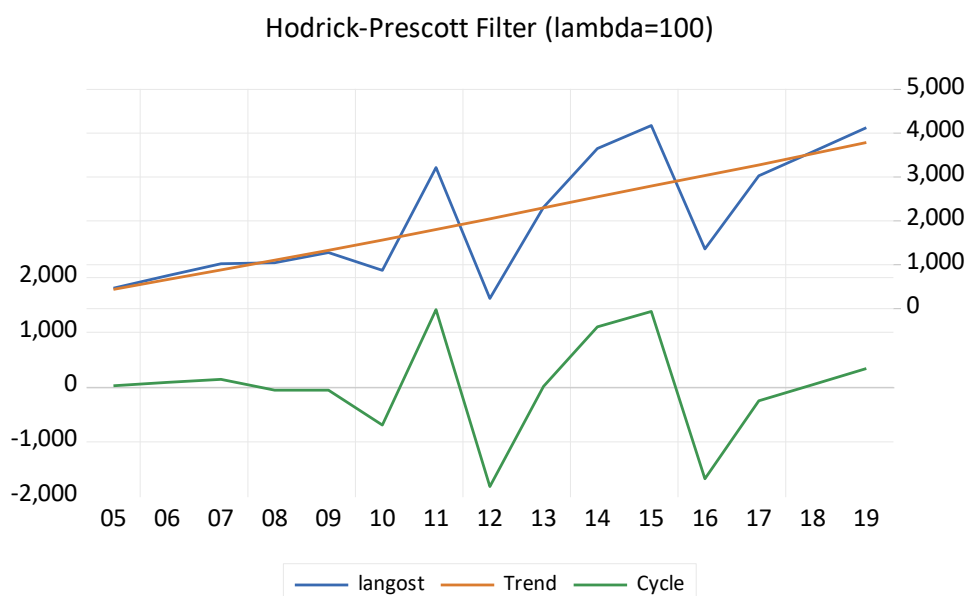
N	Año	Especie	Producción
2	2005	2	464.1
2	2006	2	747.5
2	2007	2	1024.1
2	2008	2	1047.9
2	2009	2	1277.1
2	2010	2	870.3
2	2011	2	3215.6
2	2012	2	231.4
2	2013	2	2310.9
2	2014	2	3648.4
2	2015	2	4174.8
2	2016	2	1359.5
2	2017	2	3026.9
2	2018	2	3574.7
2	2019	2	4125.9

Nota. Elaboración propia, datos tomados de PRODUCE

En la figura 2, se muestra el comportamiento de la serie de tiempo anual de la producción de langostino en la región Piura, mediante la aplicación de los filtros Hodrick-Prescott ($\lambda = 100$).

Figura 2.

Comportamiento de la serie anual de la producción de langostino en la región Piura



Nota. Elaboración propia, datos tomados de PRODUCE

En la tabla 6, se muestra la prueba de hipótesis realizada a la producción de langostino en la región Piura, para lo cual se define que:

H0: La serie producción langostino presenta raíz unitaria y no es estacionaria

H1: La serie producción langostino no presenta raíz unitaria y es estacionaria

Si el p-value es mayor al 5 %, acepto H0; si p-value es menor al 5 % rechazo H0. Como el p-value es igual a 0,04 menor al 0,05, entonces se rechaza la hipótesis nula y la serie producción de langostino no presenta raíz unitaria, por lo tanto, es estacionaria.

Tabla 6.

Prueba de hipótesis de la producción de langostino en la región Piura

Null Hypothesis: LANGOST has a unit root

Exogenous: Constant, Linear Trend

Lag Length: 2 (Automatic - based on SIC, maxlag=3)

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-3.939180	0.0457
Test critical values:		
1% level	-4.992279	
5% level	-3.875302	
10% level	-3.388330	

*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Warning: Probabilities and critical values calculated for 20 observations and may not be accurate for a sample size of 12

Augmented Dickey-Fuller Test Equation

Dependent Variable: D(LANGOST)

Method: Least Squares

Sample (adjusted): 2008 - 2019

Included observations: 12 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
Langost (-1)	-2.965426	0.752803	-3.939180	0.0056
D(Langost (-1))	1.260231	0.542320	2.323775	0.0531
D(Langost (-2))	0.571754	0.313741	1.822376	0.1112
C	239.8511	711.1230	0.337285	0.7458
@Trend ("2005")	701.8538	186.9133	3.754969	0.0071
R-squared	0.810963	Mean dependent var		258.4833
Adjusted R-squared	0.702942	S.D. dependent var		1692.843
S.E. of regression	922.6512	Akaike info criterion		16.78672
Sum squared resid	5958997.	Schwarz criterion		16.98876
Log likelihood	-95.72030	Hannan-Quinn criter.		16.71191
F-statistic	7.507446	Durbin-Watson stat		1.982732
Prob(F-statistic)	0.011274			

Nota. Elaboración propia, software de análisis econométrico EViews

La tabla 7, muestra los datos de la serie anual de niveles de producción de Tilapia en la región Piura desde el 2005 al 2019

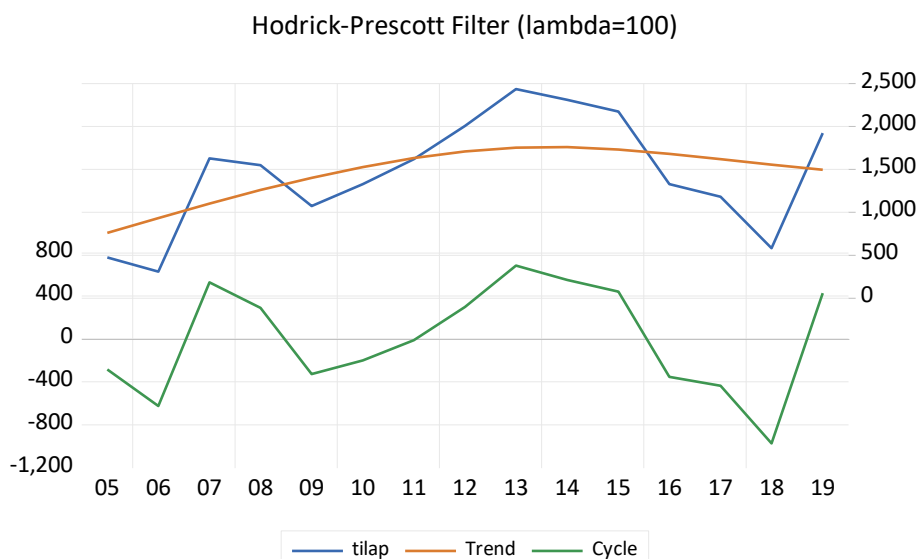
Tabla 7.
Producción de tilapia en la región Piura desde el 2005 al 2019

N	Año	Especie	Producción
3	2005	3	475.9
3	2006	3	309.1
3	2007	3	1629.0
3	2008	3	1549.6
3	2009	3	1074.5
3	2010	3	1327.7
3	2011	3	1619.9
3	2012	3	2006.5
3	2013	3	2434.8
3	2014	3	2309.1
3	2015	3	2173.3
3	2016	3	1328.2
3	2017	3	1182.0
3	2018	3	583.2
3	2019	3	1921.8

Nota. Elaboración propia, datos tomados de PRODUCE

En la figura 3, se muestra el comportamiento de la serie de tiempo anual de la producción de langostino en la región Piura, mediante la aplicación de los filtros Hodrick-Prescott ($\lambda = 100$).

Figura 3.
Comportamiento de la producción de tilapia en la región Piura



Nota. Elaboración propia, datos tomados de PRODUCE

En la tabla 8, se muestra la prueba de hipótesis realizada a la producción de tilapia en la región Piura, para lo cual se define que:

H0: La serie producción tilapia presenta raíz unitaria y no es estacionaria

H1: La serie producción tilapia no presenta raíz unitaria y es estacionaria

Si p-value es mayor al 5 %, acepto H0; si p-value es menor al 5 % rechazo H0

Como el p-value es igual a 0,48 mayor al 0,05, entonces se acepta la hipótesis nula y la serie producción de tilapia presenta raíz unitaria, por lo tanto, es no estacionaria.

Tabla 8.

Prueba de hipótesis de la producción de tilapia en la región Piura

Null Hypothesis: TILAP has a unit root

Exogenous: Constant, Linear Trend

Lag Length: 0 (Automatic - based on SIC, maxlag=3)

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-2.138981	0.4829
Test critical values:		
1% level	-4.800080	
5% level	-3.791172	
10% level	-3.342253	

*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Warning: Probabilities and critical values calculated for 20 observations and may not be accurate for a sample size of 14

Augmented Dickey-Fuller Test Equation

Dependent Variable: D(TILAP)

Method: Least Squares

Sample (adjusted): 2006 - 2019

Included observations: 14 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
TILAP(-1)	-0.536601	0.250868	-2.138981	0.0557
C	800.5640	420.0939	1.905679	0.0831
@Trend("2005")	9.252420	40.22729	0.230004	0.8223
R-squared	0.302929	Mean dependent var		103.2793
Adjusted R-squared	0.176189	S.D. dependent var		635.8031
S.E. of regression	577.0806	Akaike info criterion		15.74125
Sum squared resid	3663243.	Schwarz criterion		15.87819
Log likelihood	-107.1888	Hannan-Quinn criter.		15.72857
F-statistic	2.390157	Durbin-Watson stat		1.815482
Prob(F-statistic)	0.137412			

Nota. Elaboración propia, software de análisis econométrico EViews

En la tabla 9, se muestra la prueba de hipótesis realizada a la producción de tilapia en primera diferencia en la región Piura, para lo cual se define que:

H0: La serie producción tilapia en primera diferencia presenta raíz unitaria y no es estacionaria.

H1: La serie producción tilapia en primera diferencia no presenta raíz unitaria y es estacionaria.

El p-value es igual a 0,61 mayor al 0,05, entonces acepto la hipótesis nula y la serie producción tilapia en primera diferencia presenta raíz unitaria, por lo tanto, es no estacionaria.

Tabla 9.

Prueba de hipótesis de la producción de tilapia en primera diferencia en la región Piura

Null Hypothesis: D(TILAP) has a unit root

Exogenous: Constant, Linear Trend

Lag Length: 2 (Automatic - based on SIC, maxlag=3)

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-1.850588	0.6129
Test critical values:		
1% level	-5.124875	
5% level	-3.933364	
10% level	-3.420030	

*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Warning: Probabilities and critical values calculated for 20 observations and may not be accurate for a sample size of 11

Augmented Dickey-Fuller Test Equation

Dependent Variable: D(TILAP,2)

Method: Least Squares

Sample (adjusted): 2009 - 2019

Included observations: 11 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
D(TILAP(-1))	-1.891654	1.022191	-1.850588	0.1137
D(TILAP(-1),2)	0.678232	0.743644	0.912038	0.3969
D(TILAP(-2),2)	0.485802	0.454345	1.069236	0.3261
C	514.4810	928.0362	0.554376	0.5994
@Trend("2005")	-49.78027	98.40338	-0.505880	0.6310
R-squared	0.479456	Mean dependent var		128.9082
Adjusted R-squared	0.132427	S.D. dependent var		759.8083
S.E. of regression	707.7130	Akaike info criterion		16.26491
Sum squared resid	3005146.	Schwarz criterion		16.44577
Log likelihood	-84.45700	Hannan-Quinn criter.		16.15090
F-statistic	1.381600	Durbin-Watson stat		1.885584
Prob(F-statistic)	0.343931			

Nota. Elaboración propia, software de análisis econométrico EViews

En la tabla 10, se muestra la prueba de hipótesis realizada a la producción de tilapia en segunda diferencia en la región Piura, para lo cual se define que:

H0: La serie producción tilapia en segunda diferencia presenta raíz unitaria y no es estacionaria

H1: La serie producción tilapia en segunda diferencia no presenta raíz unitaria y es estacionaria

El p-value es igual a 0,71 mayor al 0,05, entonces acepto la hipótesis nula y la serie producción tilapia en segunda diferencia presenta raíz unitaria, por lo tanto, es no estacionaria.

Tabla 10.

Prueba de hipótesis de la producción de tilapia en segunda diferencia

Null Hypothesis: D(TILAP,2) has a unit root

Exogenous: Constant, Linear Trend

Lag Length: 2 (Automatic - based on SIC, maxlag=3)

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-1.602912	0.7181
Test critical values:		
1% level	-5.295384	
5% level	-4.008157	
10% level	-3.460791	

*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Warning: Probabilities and critical values calculated for 20 observations and may not be accurate for a sample size of 10

Augmented Dickey-Fuller Test Equation

Dependent Variable: D(TILAP,3)

Method: Least Squares

Sample (adjusted): 2010 2019

Included observations: 10 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
D(TILAP(-1),2)	-2.199380	1.372116	-1.602912	0.1699
D(TILAP(-1),3)	0.238147	0.916485	0.259848	0.8053
D(TILAP(-2),3)	0.266431	0.476368	0.559297	0.6001
C	125.6847	995.3527	0.126271	0.9044
@TREND("2005")	-0.859587	101.2680	-0.008488	0.9936
R-squared	0.694123	Mean dependent var		233.3050
Adjusted R-squared	0.449421	S.D. dependent var		1123.490
S.E. of regression	833.6409	Akaike info criterion		16.59634
Sum squared resid	3474786.	Schwarz criterion		16.74763
Log likelihood	-77.98168	Hannan-Quinn criter.		16.43037
F-statistic	2.836605	Durbin-Watson stat		0.775568
Prob(F-statistic)	0.141538			

Nota. Elaboración propia, software de análisis econométrico EViews

La tabla 11, muestra los datos de la serie anual de humedad relativa desde el 2005 al 2019 para la producción de concha de abanico, langostino y tilapia, en la región Piura.

Tabla 11.

Humedad relativa para la producción de concha de abanico, langostino y tilapia, en la región Piura desde el año 2005 al 2019.

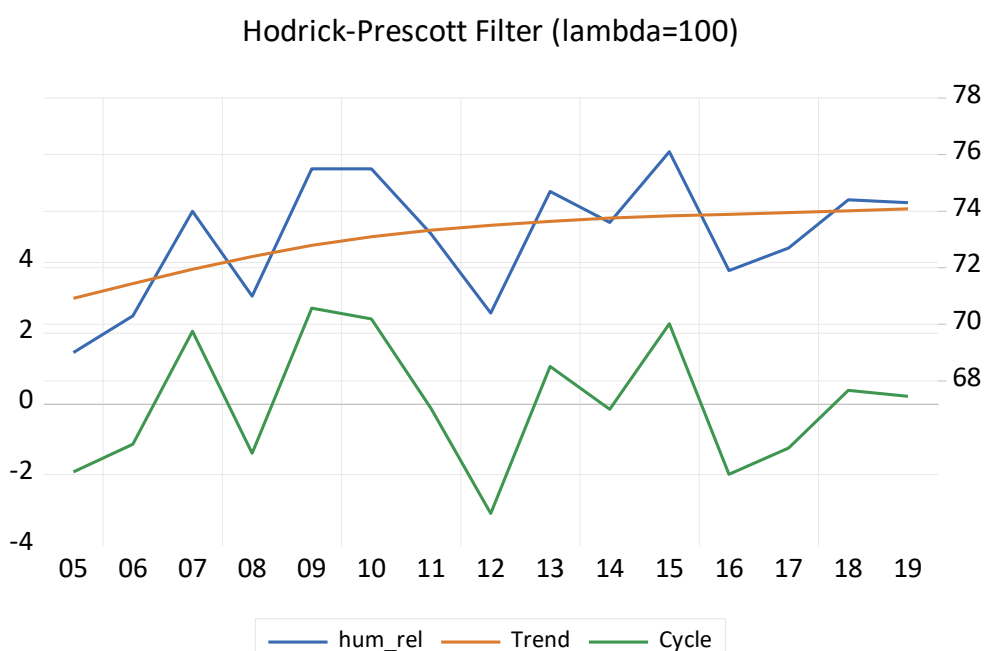
Año	Concha de Abanico	Langostino	Tilapia	Humedad relativa
2005	1949.1	464.1	475.9	69.0
2006	1678.7	747.5	309.1	70.3
2007	1409.5	1024.1	1629.0	74.0
2008	1847.2	1047.9	1549.6	71.0
2009	3967.2	1277.1	1074.5	75.5
2010	44581.1	870.3	1327.7	75.5
2011	41038.8	3215.6	1619.9	73.2
2012	15940.0	231.4	2006.5	70.4
2013	56205.7	2310.9	2434.8	74.7
2014	42807.4	3648.4	2309.1	73.6
2015	11891.6	4174.8	2173.3	76.1
2016	7205.8	1359.5	1328.2	71.9
2017	838.9	3026.9	1182.0	72.7
2018	18225.6	3574.7	583.2	74.4
2019	41860.9	4125.9	1921.8	74.3

Nota. Elaboración propia, datos tomados de SENAMHI y PRODUCE

En la figura 4, se muestra el comportamiento de la serie de tiempo anual de la humedad relativa en la producción de langostino, concha de abanico y tilapia en la región Piura, mediante la aplicación de los filtros Hodrick-Prescott ($\lambda = 100$).

Figura 4.

Comportamiento de la humedad relativa en la producción de langostino, concha de abanico y tilapia en la región Piura.



Nota. Elaboración propia, datos tomados de SENAMHI y PRODUCE

En la tabla 12, se muestra la prueba de hipótesis realizada a los datos de humedad relativa de la producción de tilapia, langostinos y concha de abanico en la región Piura, para lo cual se define:

H0: La serie Humedad relativa presenta raíz unitaria y no es estacionaria

H1: La serie Humedad relativa no presenta raíz unitaria y es estacionaria

Si p-value es mayor al 5 %, acepto H0; si p-value es menor al 5 % rechazo H0

Como el p-value es igual a 0,29 mayor al 0,05, entonces acepto la hipótesis nula y la serie Humedad relativa presenta raíz unitaria, por lo tanto, es no estacionaria.

Tabla 12.

Prueba de hipótesis de los datos de humedad relativa de la producción de tilapia, langostinos y concha de abanico en la región Piura

Null Hypothesis: HUM_REL has a unit root

Exogenous: Constant, Linear Trend

Lag Length: 2 (Automatic - based on SIC, maxlag=3)

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-2.577940	0.2939
Test critical values:		
1% level	-4.992279	
5% level	-3.875302	
10% level	-3.388330	

*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Warning: Probabilities and critical values calculated for 20 observations and may not be accurate for a sample size of 12

Augmented Dickey-Fuller Test Equation

Dependent Variable: D(HUM_REL)

Method: Least Squares

Sample (adjusted): 2008 - 2019

Included observations: 12 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
HUM_REL(-1)	-1.721587	0.667815	-2.577940	0.0366
D(HUM_REL(-1))	0.401167	0.461820	0.868664	0.4138
D(HUM_REL(-2))	0.201679	0.301693	0.668489	0.5252
C	125.3312	48.35154	2.592082	0.0358
@Trend("2005")	0.138198	0.200155	0.690456	0.5121
R-squared	0.654452	Mean dependent var		0.025000
Adjusted R-squared	0.456996	S.D. dependent var		2.852471
S.E. of regression	2.101952	Akaike info criterion		4.617947
Sum squared resid	30.92742	Schwarz criterion		4.819991
Log likelihood	-22.70768	Hannan-Quinn criter.		4.543143
F-statistic	3.314418	Durbin-Watson stat		1.893242
Prob(F-statistic)	0.079809			

Nota. Elaboración propia, software de análisis econométrico EViews

En la tabla 13, se muestra la prueba de hipótesis realizada a los datos de humedad relativa en primera diferencia, para lo cual se define:

H0: La serie Humedad relativa en primera diferencia presenta raíz unitaria y no es estacionaria

H1: La serie Humedad relativa en primera diferencia no presenta raíz unitaria y es estacionaria

El p-value es igual a 0,16 mayor al 0,05, entonces se acepta la hipótesis nula y la serie Humedad relativa en primera diferencia presenta raíz unitaria, por lo tanto, es no estacionaria.

Tabla 13.

Prueba de hipótesis de la humedad relativa en primera diferencia

Null Hypothesis: D(HUM_REL) has a unit root

Exogenous: Constant, Linear Trend

Lag Length: 2 (Automatic - based on SIC, maxlag=3)

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-3.040199	0.1667
Test critical values:		
1% level	-5.124875	
5% level	-3.933364	
10% level	-3.420030	

*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Warning: Probabilities and critical values calculated for 20 observations and may not be accurate for a sample size of 11

Augmented Dickey-Fuller Test Equation

Dependent Variable: D(HUM_REL,2)

Method: Least Squares

Sample (adjusted): 2009 2019

Included observations: 11 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
D(HUM_REL(-1))	-2.790348	0.917818	-3.040199	0.0228
D(HUM_REL(-1),2)	1.086602	0.687589	1.580308	0.1651
D(HUM_REL(-2),2)	0.513682	0.355255	1.445953	0.1983
C	3.332983	2.863604	1.163912	0.2886
@Trend("2005")	-0.305219	0.295495	-1.032905	0.3415
R-squared	0.824749	Mean dependent var		0.263636
Adjusted R-squared	0.707915	S.D. dependent var		4.977403
S.E. of regression	2.690034	Akaike info criterion		5.119940
Sum squared resid	43.41769	Schwarz criterion		5.300801
Log likelihood	-23.15967	Hannan-Quinn criter.		5.005932
F-statistic	7.059142	Durbin-Watson stat		1.639168
Prob(F-statistic)	0.018700			

Nota. Elaboración propia, software de análisis econométrico EViews

En la tabla 14, se muestra la prueba de hipótesis realizada a los datos de humedad relativa en segunda diferencia, para lo cual se define:

H0: La serie Humedad relativa en segunda diferencia presenta raíz unitaria y no es estacionaria

H1: La serie Humedad relativa en segunda diferencia no presenta raíz unitaria y es estacionaria

El p-value es igual a 0,06 mayor al 0,05, entonces se acepta la hipótesis nula y la serie Humedad relativa en segunda diferencia presenta raíz unitaria, por lo tanto, es no estacionaria.

Tabla 14.

Prueba de hipótesis de la Humedad relativa en segunda diferencia

Null Hypothesis: D(HUM_REL,2) has a unit root

Exogenous: Constant, Linear Trend

Lag Length: 2 (Automatic - based on SIC, maxlag=3)

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-3.761378	0.0686
Test critical values: 1% level	-5.295384	
5% level	-4.008157	
10% level	-3.460791	

*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Warning: Probabilities and critical values calculated for 20 observations and may not be accurate for a sample size of 10

Augmented Dickey-Fuller Test Equation

Dependent Variable: D(HUM_REL,3)

Method: Least Squares

Sample (adjusted): 2010 - 2019

Included observations: 10 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
D(HUM_REL(-1),2)	-3.472979	0.923326	-3.761378	0.0131
D(HUM_REL(-1),3)	1.499670	0.701974	2.136362	0.0857
D(HUM_REL(-2),3)	0.625275	0.333594	1.874359	0.1197
C	-3.053645	3.759966	-0.812147	0.4536
@Trend("2005")	0.258276	0.378309	0.682713	0.5251
R-squared	0.918464	Mean dependent var		-0.930000
Adjusted R-squared	0.853235	S.D. dependent var		8.853882
S.E. of regression	3.391917	Akaike info criterion		5.587520
Sum squared resid	57.52549	Schwarz criterion		5.738813
Log likelihood	-22.93760	Hannan-Quinn criter.		5.421553
F-statistic	14.08062	Durbin-Watson stat		2.424908
Prob(F-statistic)	0.006257			

Nota. Elaboración propia, software de análisis econométrico EViews

En la tabla 15, se muestra la prueba de hipótesis realizada a los datos de temperatura máxima de la producción de tilapia, langostinos y concha de abanico en la región Piura, para lo cual se define:

Tabla 15.

Temperatura máxima en la producción de concha de abanico, langostino y tilapia, en la región Piura desde el año 2005 al 2019

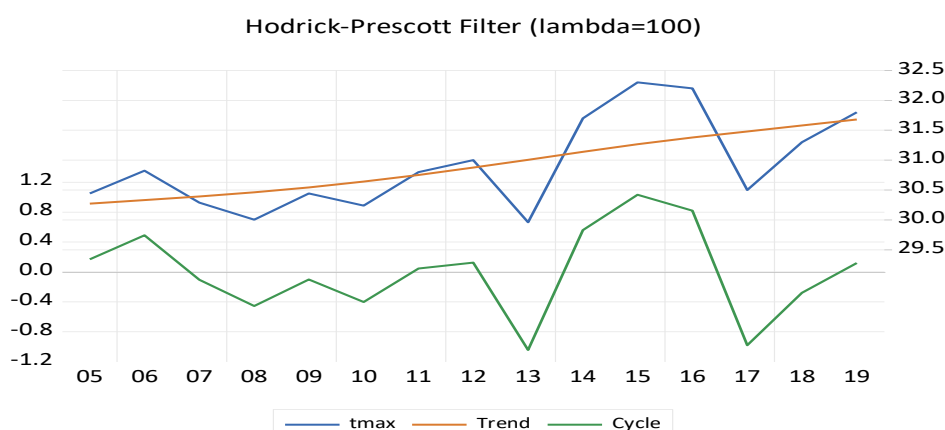
Año	Concha Abanico	Langostino	Tilapia	Temperatura máxima
2005	1949.1	464.1	475.9	30.4
2006	1678.7	747.5	309.1	30.8
2007	1409.5	1024.1	1629.0	30.3
2008	1847.2	1047.9	1549.6	30.0
2009	3967.2	1277.1	1074.5	30.4
2010	44581.1	870.3	1327.7	30.2
2011	41038.8	3215.6	1619.9	30.8
2012	15940.0	231.4	2006.5	31.0
2013	56205.7	2310.9	2434.8	30.0
2014	42807.4	3648.4	2309.1	31.7
2015	11891.6	4174.8	2173.3	32.3
2016	7205.8	1359.5	1328.2	32.2
2017	838.9	3026.9	1182.0	30.5
2018	18225.6	3574.7	583.2	31.3
2019	41860.9	4125.9	1921.8	31.8

Nota. Elaboración propia, datos tomados de SENAMHI y PRODUCE

En la figura 5, se muestra el comportamiento de la serie de tiempo anual de la temperatura máxima en la producción de langostino, concha de abanico y tilapia en la región Piura, mediante la aplicación de los filtros Hodrick-Prescott ($\lambda = 100$).

Figura 5

Comportamiento de la temperatura máxima en la producción de langostino, concha de abanico y tilapia en la región Piura.



Nota. Elaboración propia, datos tomados de SENAMHI y PRODUCE

En la tabla 16, se muestra la prueba de hipótesis realizada a los datos de temperatura máxima de la producción de tilapia, langostinos y concha de abanico en la región Piura, para lo cual se define:

H0: La serie Temperatura Máxima presenta raíz unitaria y no es estacionaria

H1: La serie Temperatura Máxima no presenta raíz unitaria y es estacionaria

Si p-value es mayor al 5 %, acepto H0; si p-value es menor al 5 % rechazo H0

Como el p-value es igual a 0,16 mayor al 0,05, entonces se acepta la hipótesis nula y la serie Temperatura Máxima presenta raíz unitaria, por lo tanto, es no estacionaria.

Tabla 16.

Prueba de hipótesis de la temperatura máxima de la producción de tilapia, langostinos y concha de abanico en la región Piura

Null Hypothesis: TMAX has a unit root

Exogenous: Constant, Linear Trend

Lag Length: 0 (Automatic - based on SIC, maxlag=3)

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-3.017997	0.1618
Test critical values: 1% level	-4.800080	
5% level	-3.791172	
10% level	-3.342253	

*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Warning: Probabilities and critical values calculated for 20 observations and may not be accurate for a sample size of 14

Augmented Dickey-Fuller Test Equation

Dependent Variable: D(TMAX)

Method: Least Squares

Sample (adjusted): 2006 - 2019

Included observations: 14 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
TMAX(-1)	-0.898877	0.297839	-3.017997	0.0117
C	27.04526	8.970266	3.014989	0.0118
@Trend("2005")	0.105155	0.054143	1.942160	0.0782
R-squared	0.455339	Mean dependent var		0.096947
Adjusted R-squared	0.356310	S.D. dependent var		0.841679
S.E. of regression	0.675281	Akaike info criterion		2.240035
Sum squared resid	5.016056	Schwarz criterion		2.376976
Log likelihood	-12.68025	Hannan-Quinn criter.		2.227359
F-statistic	4.598029	Durbin-Watson stat		1.927328
Prob(F-statistic)	0.035375			

Nota. Elaboración propia, software de análisis econométrico EViews

En la tabla 17, se muestra la prueba de hipótesis realizada a los datos de temperatura máxima en primera diferencia, para lo cual se define:

H0: La serie Temperatura máxima en primera diferencia presenta raíz unitaria y no es estacionaria.

H1: La serie Temperatura máxima en primera diferencia no presenta raíz unitaria y es estacionaria.

Como el p-value es igual a 0,12 mayor al 0,05, entonces acepto la hipótesis nula y la serie Temperatura máxima en primera diferencia presenta raíz unitaria, por lo tanto, es no estacionaria.

Tabla 17.

Prueba de hipótesis de la temperatura máxima en primera diferencia

Null Hypothesis: D(TMAX) has a unit root

Exogenous: Constant, Linear Trend

Lag Length: 2 (Automatic - based on SIC, maxlag=3)

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-3.233347	0.1292
Test critical values: 1% level	-5.124875	
5% level	-3.933364	
10% level	-3.420030	

*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Warning: Probabilities and critical values calculated for 20 observations and may not be accurate for a sample size of 11

Augmented Dickey-Fuller Test Equation

Dependent Variable: D(TMAX,2)

Method: Least Squares

Sample (adjusted): 2009 - 2019

Included observations: 11 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
D(TMAX(-1))	-2.765664	0.855356	-3.233347	0.0178
D(TMAX(-1),2)	1.188620	0.629316	1.888749	0.1078
D(TMAX(-2),2)	0.604489	0.447087	1.352060	0.2251
C	0.299692	0.828162	0.361876	0.7298
@Trend("2005")	-0.000457	0.088334	-0.005170	0.9960
R-squared	0.774326	Mean dependent var		0.071160
Adjusted R-squared	0.623876	S.D. dependent var		1.466337
S.E. of regression	0.899289	Akaike info criterion		2.928530
Sum squared resid	4.852320	Schwarz criterion		3.109391
Log likelihood	-11.10691	Hannan-Quinn criter.		2.814522
F-statistic	5.146751	Durbin-Watson stat		2.129981
Prob(F-statistic)	0.038192			

Nota. Elaboración propia, software de análisis econométrico EViews

En la tabla 18, se muestra la prueba de hipótesis realizada a los datos de humedad relativa en segunda diferencia, para lo cual se define:

H0: La serie Temperatura Máxima en segunda diferencia presenta raíz unitaria y no es estacionaria.

H1: La serie Temperatura Máxima en segunda diferencia no presenta raíz unitaria y es estacionaria.

Como el p-value es igual a 0,13 mayor al 0,05, entonces se acepta la hipótesis nula y la serie producción Temperatura máxima en segunda diferencia presenta raíz unitaria, por lo tanto, es no estacionaria.

Tabla 18.

Prueba de hipótesis de la temperatura máxima en segunda diferencia

Null Hypothesis: D(TMAX,2) has a unit root

Exogenous: Constant, Linear Trend

Lag Length: 3 (Automatic - based on SIC, maxlag=3)

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-3.276970	0.1340
Test critical values: 1% level	-5.521860	
5% level	-4.107833	
10% level	-3.515047	

*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Warning: Probabilities and critical values calculated for 20 observations and may not be accurate for a sample size of 9

Augmented Dickey-Fuller Test Equation

Dependent Variable: D(TMAX,3)

Method: Least Squares

Sample (adjusted): 2011 - 2019

Included observations: 9 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
D(TMAX(-1),2)	-6.462196	1.972003	-3.276970	0.0465
D(TMAX(-1),3)	4.056108	1.615716	2.510408	0.0869
D(TMAX(-2),3)	2.339878	1.087995	2.150633	0.1206
D(TMAX(-3),3)	0.728121	0.512796	1.419903	0.2507
C	2.541866	1.834587	1.385525	0.2599
@Trend("2005")	-0.258170	0.182009	-1.418444	0.2511
R-squared	0.933907	Mean dependent var		0.037608
Adjusted R-squared	0.823752	S.D. dependent var		2.762672
S.E. of regression	1.159822	Akaike info criterion		3.369131
Sum squared resid	4.035562	Schwarz criterion		3.500614
Log likelihood	-9.161091	Hannan-Quinn criter.		3.085391
F-statistic	8.478116	Durbin-Watson stat		2.448169
Prob(F-statistic)	0.054301			

Nota. Elaboración propia, software de análisis econométrico EViews

En la tabla 19, se muestra la prueba de hipótesis realizada a los datos de temperatura mínima de la producción de tilapia, langostinos y concha de abanico en la región Piura, para lo cual se define:

Tabla 19.

Temperatura mínima en la producción de concha de abanico, langostino y tilapia, en la región Piura desde el año 2005 al 2019.

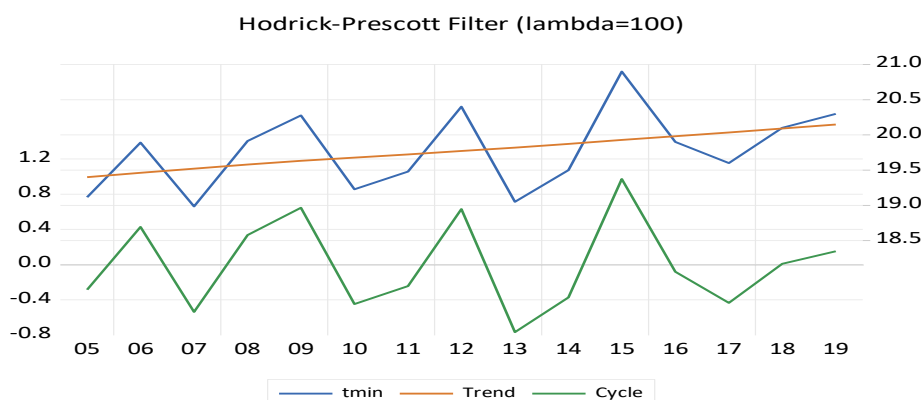
Año	Concha Abanico	Langostinos	Tilapia	Temperatura mínima
2005	1949.1	464.1	475.9	19.1
2006	1678.7	747.5	309.1	19.9
2007	1409.5	1024.1	1629.0	19.0
2008	1847.2	1047.9	1549.6	19.9
2009	3967.2	1277.1	1074.5	20.3
2010	44581.1	870.3	1327.7	19.2
2011	41038.8	3215.6	1619.9	19.5
2012	15940.0	231.4	2006.5	20.4
2013	56205.7	2310.9	2434.8	19.1
2014	42807.4	3648.4	2309.1	19.5
2015	11891.6	4174.8	2173.3	20.9
2016	7205.8	1359.5	1328.2	19.9
2017	838.9	3026.9	1182.0	19.6
2018	18225.6	3574.7	583.2	20.1
2019	41860.9	4125.9	1921.8	20.3

Nota. Elaboración propia, datos tomados de SENAMHI y PRODUCE

En la figura 6, se muestra el comportamiento de la serie de tiempo anual de la temperatura mínima en la producción de langostino, concha de abanico y tilapia en la región Piura, mediante la aplicación de los filtros Hodrick-Prescott ($\lambda = 100$).

Figura 6.

Comportamiento de la temperatura máxima en la producción de langostino, concha de abanico y tilapia en la región Piura.



Nota. Elaboración propia, datos tomados de SENAMHI

En la tabla 20, se muestra la prueba de hipótesis realizada a los datos de temperatura mínima de la producción de tilapia, langostinos y concha de abanico en la región Piura, para lo cual se define:

H0: La serie Temperatura Mínima presenta raíz unitaria y no es estacionaria.

H1: La serie Temperatura Mínima no presenta raíz unitaria y es estacionaria.

Si el p-value es mayor al 5%, acepto H0; si pvalue es menor al 5% rechazo H0
 Como el p-value es igual a 0,0 menor al 0,05, entonces se rechaza la hipótesis nula y la serie Temperatura Mínima no presenta raíz unitaria, por lo tanto, es estacionaria.

Tabla 20.

Prueba de hipótesis de la temperatura mínima de la producción de tilapia, langostinos y concha de abanico en la región Piura.

Null Hypothesis: TMIN has a unit root

Exogenous: Constant, Linear Trend

Lag Length: 1 (Automatic - based on SIC, maxlag=3)

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-6.377000	0.0012
Test critical values:		
1% level	-4.886426	
5% level	-3.828975	
10% level	-3.362984	

*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Warning: Probabilities and critical values calculated for 20 observations and may not be accurate for a sample size of 13

Augmented Dickey-Fuller Test Equation

Dependent Variable: D(TMIN)

Method: Least Squares

Sample (adjusted): 2007 2019

Included observations: 13 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
TMIN(-1)	-2.316045	0.363187	-6.377000	0.0001
D(TMIN(-1))	0.729605	0.218209	3.343612	0.0086
C	44.94088	7.063135	6.362738	0.0001
@Trend("2005")	0.107847	0.032099	3.359855	0.0084
R-squared	0.852807	Mean dependent var		0.031444
Adjusted R-squared	0.803743	S.D. dependent var		0.874568
S.E. of regression	0.387442	Akaike info criterion		1.189157
Sum squared resid	1.350999	Schwarz criterion		1.362987
Log likelihood	-3.729518	Hannan-Quinn criter.		1.153427
F-statistic	17.38143	Durbin-Watson stat		1.561773
Prob(F-statistic)	0.000437			

Nota. Elaboración propia, software de análisis econométrico EViews

En la tabla 21, se muestra la prueba de hipótesis realizada a los datos de precipitación relacionada a la producción de tilapia, langostinos y concha de abanico en la región Piura, para lo cual se define:

Tabla 21.

Precipitación acumulada anual relacionada a la producción de concha de abanico, langostino y tilapia, en la región Piura desde el año 2005 al 2019.

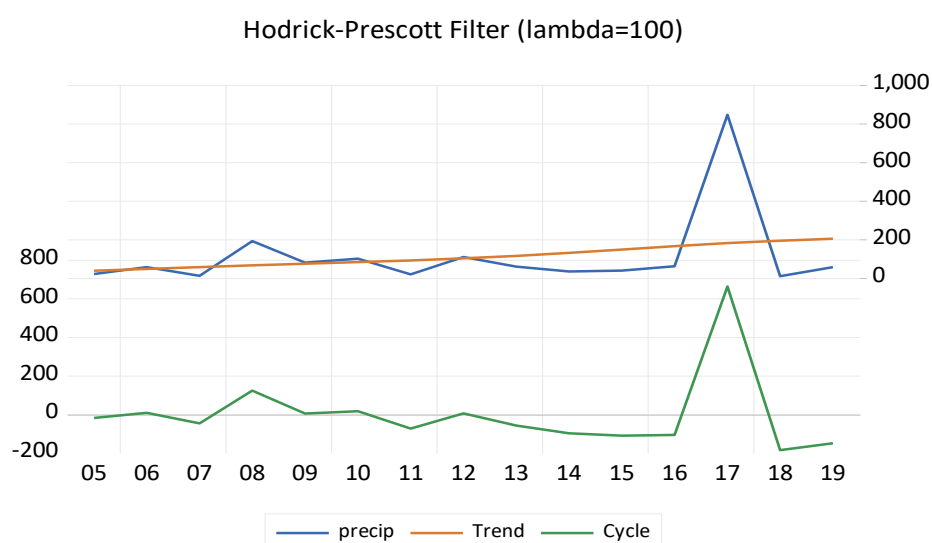
Año	Concha de Abanico	Langostino	Tilapia	Precipitación
2005	1949.1	464.1	475.9	23.7
2006	1678.7	747.5	309.1	59.4
2007	1409.5	1024.1	1629.0	14.3
2008	1847.2	1047.9	1549.6	193.5
2009	3967.2	1277.1	1074.5	82.8
2010	44581.1	870.3	1327.7	102.9
2011	41038.8	3215.6	1619.9	21.9
2012	15940.0	231.4	2006.5	111.3
2013	56205.7	2310.9	2434.8	61.6
2014	42807.4	3648.4	2309.1	36.1
2015	11891.6	4174.8	2173.3	41.4
2016	7205.8	1359.5	1328.2	63.5
2017	838.9	3026.9	1182.0	847.9
2018	18225.6	3574.7	583.2	12.4
2019	41860.9	4125.9	1921.8	58.6

Nota. Elaboración propia, datos tomados de SENAMHI y PRODUCE

En la figura 7, se muestra el comportamiento de la serie de tiempo anual de la precipitación acumulada anual relacionada a la producción de langostino, concha de abanico y tilapia en la región Piura, mediante la aplicación de los filtros Hodrick-Prescott (lambda = 100).

Figura 7.

Comportamiento de la precipitación acumulada anual relacionada a la producción de langostino, concha de abanico y tilapia en la región Piura.



Nota. Elaboración propia, datos tomados de SENAMHI y PRODUCE

En la tabla 22, se muestra la prueba de hipótesis realizada a los datos de la precipitación acumulada anual relacionada a la producción de tilapia, langostinos y concha de abanico en la región Piura, para lo cual se define:

H0: La serie Precipitaciones presenta raíz unitaria y no es estacionaria.

H1: La serie Precipitaciones no presenta raíz unitaria y es estacionaria.

El p-value es igual a 0,02 menor al 0,05, entonces rechazo la hipótesis nula y la serie Precipitaciones presenta raíz unitaria, por lo tanto, es estacionaria.

Tabla 22.

Prueba de hipótesis de la precipitación acumulada anual relacionada a la producción de tilapia, langostinos y concha de abanico en la región Piura.

Null Hypothesis: PRECIP has a unit root

Exogenous: Constant, Linear Trend

Lag Length: 0 (Automatic - based on SIC, maxlag=3)

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-4.193241	0.0264
Test critical values:		
1% level	-4.800080	
5% level	-3.791172	
10% level	-3.342253	

*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Warning: Probabilities and critical values calculated for 20 observations and may not be accurate for a sample size of 14

Augmented Dickey-Fuller Test Equation

Dependent Variable: D(PRECIP)

Method: Least Squares

Sample (adjusted): 2006 - 2019

Included observations: 14 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
PRECIP(-1)	-1.254370	0.299141	-4.193241	0.0015
C	31.19088	123.8806	0.251782	0.8059
@Trend("2005")	16.15607	15.38932	1.049823	0.3163
R-squared	0.616679	Mean dependent var		2.492857
Adjusted R-squared	0.546984	S.D. dependent var		325.9993
S.E. of regression	219.4185	Akaike info criterion		13.80725
Sum squared resid	529589.4	Schwarz criterion		13.94419
Log likelihood	-93.65074	Hannan-Quinn criter.		13.79457
F-statistic	8.848289	Durbin-Watson stat		2.089665
Prob(F-statistic)	0.005124			

Nota. Elaboración propia, software de análisis econométrico EViews

3.2. Comportamiento y relación de las variables climáticas con la producción

Según los datos de la tabla 23, el coeficiente de determinación es igual a 0,54, lo que indica que la temperatura mínima, temperatura mínima al cuadrado, temperatura máxima, temperatura máxima al cuadrado, precipitación, precipitación al cuadrado, y la humedad

relativa, explican en 50,4 % el comportamiento de la producción de concha de abanico entre los años 2005 al 2019.

Tabla 23.

Comportamiento y relación de la producción de concha de abanico con respecto a las variables climáticas del 2005 al 2019

Dependent Variable: ABA

Method: Least Squares

Sample: 2005 - 2019

Included observations: 15

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
TMIN	-377201.7	958131.8	-0.393685	0.7055
TIM2	8669.531	23954.41	0.361918	0.7281
TMAX	1233379.	1089983.	1.131559	0.2951
TMAX2	-19536.12	17403.73	-1.122525	0.2987
PRECIP	351.8391	269.5795	1.305140	0.2331
PRECIP2	-0.412611	0.294327	-1.401879	0.2037
HUM_REL	6270.027	2745.363	2.283861	0.0563
C	-15838753	12848321	-1.232749	0.2575
R-squared	0.544290	Mean dependent var		19429.83
Adjusted R-squared	0.088579	S.D. dependent var		19929.90
S.E. of regression	19026.75	Akaike info criterion		22.84961
Sum squared resid	2.53E+09	Schwarz criterion		23.22723
Log likelihood	-163.3720	Hannan-Quinn criter.		22.84558
F-statistic	1.194376	Durbin-Watson stat		1.551919
Prob(F-statistic)	0.410362			

Nota. Elaboración propia, software de análisis econométrico EViews

Según los datos de la tabla 24, el coeficiente de determinación es igual a 0,67, lo que indica que la temperatura mínima, temperatura mínima al cuadrado, temperatura máxima, temperatura máxima al cuadrado, precipitación, precipitación al cuadrado, y la humedad relativa, explican en 60,7 % el comportamiento de la producción de langostino en el periodo 2005 al 2019.

Tabla 24.

Comportamiento y relación de la producción de langostino con respecto a las variables climáticas, desde el 2005 al 2019.

Dependent Variable: LANGOST

Method: Least Squares

Sample: 2005 2019

Included observations: 15

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
TMIN	39269.39	57654.92	0.681111	0.5177
TIM2	-978.4711	1441.440	-0.678815	0.5191
TMAX	-25500.59	65588.95	-0.388794	0.7090
TMAX2	418.1366	1047.258	0.399268	0.7016

PRECIP	-15.46843	16.22176	-0.953561	0.3721
PRECIP2	0.018923	0.017711	1.068444	0.3208
HUM_REL	311.9601	165.2003	1.888375	0.1009
C	-25109.68	773138.9	-0.032478	0.9750
R-squared	0.673667	Mean dependent var		2073.263
Adjusted R-squared	0.347335	S.D. dependent var		1417.198
S.E. of regression	1144.922	Akaike info criterion		17.22859
Sum squared resid	9175922.	Schwarz criterion		17.60621
Log likelihood	-121.2144	Hannan-Quinn criter.		17.22456
F-statistic	2.064358	Durbin-Watson stat		2.188913
Prob(F-statistic)	0.179873			

Nota. Elaboración propia, software de análisis econométrico EViews

Según los datos de la tabla 25, el coeficiente de determinación es igual a 0,51, lo que indica que la temperatura mínima, temperatura mínima al cuadrado, temperatura máxima, temperatura máxima al cuadrado, precipitación, precipitación al cuadrado, y la humedad relativa, explican en 50,1 % el comportamiento de la producción de tilapia entre los años 2005 al 2019.

Tabla 25

Comportamiento y relación de la producción de tilapia con respecto a las variables climáticas, desde el 2005 al 2019.

Dependent Variable: TILAP

Method: Least Squares

Sample: 2005 - 2019

Included observations: 15

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
TMIN	-47724.10	32539.75	-1.466640	0.1859
TIM2	1182.208	813.5315	1.453180	0.1895
TMAX	22996.43	37017.62	0.621229	0.5541
TMAX2	-358.2406	591.0597	-0.606099	0.5636
PRECIP	15.53439	9.155369	1.696752	0.1336
PRECIP2	-0.016901	0.009996	-1.690846	0.1347
HUM_REL	126.9339	93.23709	1.361410	0.2156
C	104035.1	436350.4	0.238421	0.8184
R-squared	0.518999	Mean dependent var		1461.636
Adjusted R-squared	0.037998	S.D. dependent var		658.8183
S.E. of regression	646.1802	Akaike info criterion		16.08456
Sum squared resid	2922842.	Schwarz criterion		16.46219
Log likelihood	-112.6342	Hannan-Quinn criter.		16.08054
F-statistic	1.078997	Durbin-Watson stat		1.468087
Prob(F-statistic)	0.461342			

Nota. Elaboración propia, software de análisis econométrico EViews

4. CONCLUSIONES

Cada producción tiene una variación diferente de temperatura mínima y máxima que están dentro del rango teórico, por lo que la posibilidad de realizar pronósticos con respecto al efecto del cambio climático sobre la producción analizada se ve limitada por la escasa información disponible con respecto a las variables que medirían el cambio climático. Las variables en mención y su relación con la producción explican en más del 50 % el comportamiento de la producción, estas se mantienen en todos los productos analizados. En cuanto a la producción, se puede concluir que la serie de tiempo de la producción de langostino no necesita más resultados por niveles; siendo esta producción la única que en primer resultado es estacionario. Para el año 2020, se destaca la producción de conchas de abanico con un 36 %, ubicándose por arriba de los langostinos que tuvo un 26 %, verificando su estacionariedad en el segundo nivel, siendo su p-valor menor que el 0,05. La serie de tiempo de la producción de langostino es estacionaria por lo que no es necesario sus resultados por niveles. La serie de tiempo de la producción de tilapia en todos sus niveles arrojan que no es estacionaria. La serie de tiempo de las variables Humedad relativa y Temperatura máxima, muestran que no son estacionarias en ninguno de sus niveles, a diferencia de la temperatura mínima y precipitación que si son estacionarias.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguirre, P. L. (2022). Universidad Nacional de Piura. Obtenido del enlace: <https://repositorio.unp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12676/3328/ECON-AGU-PEN-2022.pdf?sequence=1&isAllowed=y>Alimentación.
- Arreluce, A. J. (2022). Influencia de la educación en el crecimiento económico en el Perú, periodo 2010 - 2019.
- Camelo, H. (2001). Estudios Estadísticos Prospectivos. Obtenido de https://www.cepal.org/sites/default/files/publication/files/4718/S01010054_es.pdf
- Castillo, R. a. (2005). Efecto del gasto público sobre el gasto privado en México. Estudios Económicos. México.
- Centro Euro Mediterráneo sobre Cambio Climático, C. (2022). Cambio Climático.
- CEPLAN. (2021). Obtenido del enlace: <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2301833/CEPLAN%20-%20Nivel%20de%20ingresos%20y%20gastos%20en%20el%20Peru%20y%20el%20impacto%20de%20la%20COVID-19.pdf>
- Chiqaq News. (2022). Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Obtenido del enlace: <https://medialab.unmsm.edu.pe/chiqaqnews/educacion-en-el-peru-cual-es-la-situacion-de-la-educacion-basica-regular/>
- Daron Acemoglu, J. A. (2012). Por Qué Fracasan los Países: Los Orígenes del Poder, la Prosperidad y la. Barcelona: Deusto, Grupo Planeta.
- FAO. (2012). Consecuencias del cambio climático para la pesca y la acuicultura.

- Hidalgo, N. H. (2012). Universidad San Martín de Porres. Obtenido del enlace: https://repositorio.usmp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12727/599/hidalgo_hc.pdf?sequence=3&isAllowed=y.
- INEI. (2022). Obtenido del enlace: http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/1855/1/T026_73198302_T.p
- INEI. (2019). Indicadores de Educación por Departamentos, 2008-2018. Obtenido de https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitaless/Est/Lib1680/cap06.pdf
- INEI. (2017). Evolución de los indicadores de empleo e ingresos por departamento. Obtenido del enlace: https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitaless/Est/Lib1537/cap03.pdf
- Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI). (2021). Obtenido de https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitaless/Est/Lib1699/cap02.pdf
- Lluch-Cota, D. (2004). El sector pesquero.
- Lozano, V. (2020). Infraestructura para el desarrollo. Obtenido del enlace: <https://elperuano.pe/noticia/105228-infraestructura-para-el-desarrollo#:~:text=Respecto%20a%20la%20calidad%20de,puesto%2085%20entre%20140%20econom%C3%ADas>.
- Mendiburu, C. (2010). La inversión privada y el ciclo económico en el Perú. Banco Central de Reserva del Perú, Revista Moneda.
- Meteorológica, S. d. (2021). Sistema de Información del Medio Ambiente.
- Meza, M. C. (2017). Innovación en el sector acuícola.
- Ognio, L. S. (2020). Universidad Continental. Obtenido del enlace: <https://blogposgrado.ucontinental.edu.pe/las-politicas-publicas-y-la-toma-de-decisiones-en-el-peru>
- Samaniego, J. A. (2011). Obtenido del enlace: <https://repositorio.pucp.edu.pe/index/handle/123456789/46954>
- SISDHIM. (2020). Sistema de Información del Medio Ambiente.
- Tello, T. K. (2016). Universidad César Vallejo. Obtenido del enlace: https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/18181/Tello_TKI.pdf?sequence=1&isAllowed=y