

ISSN N° 3028-9432 (En línea)

Aypate

REVISTA DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA DE LA UNF

Vol. 3 – N° 1 – Marzo 2024

FONDO EDITORIAL



UNIVERSIDAD
NACIONAL DE
FRONTERA

Aypate

REVISTA DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA DE LA UNF

Vol. 3 - N° 1 - Marzo 2024



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. Aplicación sobre hojas de cálculo para la determinación de puntos de equilibrio económico basados en la regresión lineal. Mario Enrique Nizama Reyes, Jannyna Reto Gómez	8 – 18
2.2. Arqueología molecular, pH del adobe Tallán determinando presencia de microorganismos para conservación preventiva arquitectónica, Sitio arqueológico Tangarará 3. David González Espino, Luis Ángel Paucar Flores, Oliver Martin Velásquez Viloche	19 – 34
2.3. Descripción de metodologías de Machine Learning (ML) para la identificación de actividades a través de reconocimiento de patrones. Carlos Enrique Oballe Neyra, Xiomara de los Milagros Masias Rugel, Cristhian Nicolás Aldana Yarlequé.	35 – 44
2.4. Escenarios de idoneidad agrícola para cultivos peruanos <i>Musa paradisiaca L.</i> y <i>Coffea arabica L.</i> con modelamiento EcoCrop-FAO-SIG, 2021-2040 y 2041-2060. Cristhian Nicolás Aldana Yarlequé, Carlos Adrián Lecarnaqué Arevalo, Wilmer Moncada Sosa, Gustavo Adolfo Mendoza Rodríguez, Luis Ramón Trelles Pozo	45 – 63
2.5. Propuesta de programa de intervención psicopedagógica en habilidades de interacción social entre estudiantes de educación universitaria. Mario Enrique Nizama, Jenny Jeanette López Cordova, Rony Alexander Piñarreta Olivares, Janet del Rocío Sánchez Castro, Eduardo Sánchez Pacheco, Carmen Miroslava Sandoval	64 – 73
2.6. Selección adversa y seguros privados de salud en el Perú. Darwin Alejandro Siancas Escobar	74 – 85
2.7. Implementación de un programa nacional de actividades espacial del proyecto JICAAT, Perú, 2023-2032. José Luis Huayanay Villar, David Correa Chilon, Danny, Hernán Zambrano Carrera	86 – 98
2.8. Comportamiento estacional del viento entre los años 2015 y 2021 en Tarapoto, San Martín, Perú. David Correa Chilón, Marco Merma Jara	99 – 106
2.9. Influencia de plataformas virtuales en la Economía de las PYMES en familias del Asentamiento Humano Villa Primavera-2020. Xiomara de los Milagros Masias Rugel, Carlos Enrique Oballe Neyra	107 – 111
2.10. Eficiencia productiva en la industria pesquera: un análisis bibliométrico (1979-2023). Cristhian Nicolás Aldana Yarlequé, Carlos Adrián Lecarnaqué Arevalo, Wilmer Moncada Sosa, Gustavo Adolfo Mendoza Rodríguez, Luis Ramón Trelles Pozo	112-127

Aypate

Revista de Investigación Científica de la UNF

Vol. 3 – N° 1 – Marzo 2024

Edición: Marzo 2024

Copyright 2024

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

Mg. Jose Luis Huayanay Villar

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 tercer volumen, primer trimestre 2024 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.

Mg. Jose Luis Huayanay Villar
EDITOR EN JEFE



Artículos Científicos

Revista Científica de la UNF - Aypate

Aplicación sobre hojas de cálculo para la determinación de puntos de equilibrio económico basados en la regresión lineal.

Application on spreadsheets for the determination of economic break-even points based on linear regression.

Mario Enrique Nizama Reyes¹, Jannyna Reto Gómez²,
Universidad Nacional de Frontera, Sullana, Piura, Perú.**RESUMEN**

La investigación desarrollada tuvo como objetivo implementar aplicaciones sobre hojas de cálculo para la determinación de puntos de equilibrio basados en la regresión lineal. El diseño de la investigación fue no experimental, documental y propositivo; por lo tanto, no hay población, tampoco muestra. Asimismo, el enfoque de la investigación es cualitativo y el nivel descriptivo. De manera general podemos indicar que se obtuvo como resultado a alcanzar, el implementar aplicaciones sobre hojas de cálculo para la determinación de puntos de equilibrio basados en la regresión lineal, con cálculos y procedimientos totalmente transparentes para el usuario financiero, y que este por consecuencia sólo se centre en la interpretación, análisis y toma de decisiones financieras. En cuanto a las conclusiones se puede indicar en primer lugar que la implementación de aplicaciones sobre hojas de cálculo para la determinación de puntos de equilibrio basados en la regresión lineal debe partir de una base de datos histórica consistente y coherente. En segundo lugar, para la automatización del proceso de cálculo del punto de equilibrio económico se ha trabajado con la técnica de regresión lineal, implementada a través de las opciones de línea de tendencia. También se pudo concluir que, para la optimización del cálculo, a partir de la data se ha implementado un gráfico de dispersión (tanto para oferta como para demanda) agregando una línea de tendencia.

Palabras claves: Finanzas, Punto de equilibrio, Hojas de cálculo.**ABSTRACT**

The objective of the research developed was to implement spreadsheet applications for the determination of balance points based on linear regression. The research design was non-experimental, descriptive, documentary and propositional; therefore, there is no population, nor sample. Likewise, the research approach is qualitative and the level is descriptive. In general, we can indicate that the result to be achieved was the implementation of spreadsheet applications for the determination of balance points based on linear regression, with calculations and procedures totally transparent for the financial user, and that this is consequently only Focus on interpretation, analysis and financial decision making. Regarding the conclusions, it can be indicated first that the implementation of spreadsheet applications for the determination of balance points based on linear regression must be based on a consistent and coherent historical database. Secondly, to automate the process of calculating the economic equilibrium point, we have worked with the linear regression technique, implemented through the trend line options. It was also possible to conclude that to optimize the calculation, a scatter graph (for both supply and demand) has been implemented based on the data, adding a trend line.

Keywords: Finance, Break-Even, Spreadsheet.

¹ Universidad Nacional de Frontera, Instituto de Investigación en Economía y Eficiencia Productiva
Línea de investigación: Economía, finanzas, eficiencia productiva, calidad y optimización, EMAIL: mnizama@unf.edu.pe, <https://orcid.org/0000-0001-5598-0606>

² Universidad Nacional de Frontera, Instituto de Investigación en Economía y Eficiencia Productiva
Línea de investigación: Economía, finanzas, eficiencia productiva, calidad y optimización, EMAIL: jreto@unf.edu.pe, <https://orcid.org/0000-0002-2169-9741>

1. INTRODUCCIÓN

En la gestión económico financiera, dentro de las principales actividades se va a tener que maximizar utilidades o minimizar costos, todo esto orientado a lograr el crecimiento económico financiero de la organización.

Dentro de las principales técnicas para poder operativizar las acciones antes indicadas tenemos el poder determinar adecuadamente el punto de equilibrio económico lo cual nos permitirá por ejemplo determinar el precio óptimo que el mercado requiere y así poder entrar a competir con un precio acorde y real, que a la postre nos traerá un incremento de nuestros ingresos. Determinar un precio adecuado también nos permitirá estructurar los costos de tal forma que nos genera una ventaja competitiva a nivel financiero con respeto a los competidores y una aceptación estratégica frente a los consumidores.

Asimismo, una adecuada determinación del punto de equilibrio económico también nos ofrece la cantidad óptima a producir, sin correr el riesgo de sufrir de un exceso de stock o un desabastecimiento que afecte nuestro posicionamiento en el mercado. Todo esto vuelve a recalcar en mayores ingresos, mayor participación en el mercado y mejorar el manejo de nuestros costos. Pero ante la gran cantidad de datos que se generan y acumulan en la actualidad el cálculo de manera manual o parcialmente manual se vuelve más complejo y tedioso y también puede generar errores.

Es ahí donde nos podemos apoyar en herramientas que automaticen los cálculos, de tal forma que la gran cantidad de datos a procesar y los posibles errores pasen a un segundo plano y la atención se centre en las decisiones financieras a partir de la información obtenida.

Entonces la presente investigación se orientó a implementar aplicaciones sobre hojas de cálculo para la determinación de puntos de equilibrio basados en la regresión lineal, que nos permita superar los problemas antes planteados.

La técnica seleccionada para la automatización es la regresión lineal, pues aparte de ser una técnica altamente confiable, nos permitirá a partir de datos históricos – que desde hace más de dos décadas se tiene en diversos soportes electrónicos en las organizaciones – poder determinar las funciones propias que describen un mercado como son la oferta y demanda y así poder hallar el punto de equilibrio y a partir de ahí obtener información para la toma de decisiones financieras. En cuanto a los antecedentes, a nivel internacional podemos mencionar a (Reinoso, 2016) quien en su trabajo de investigación denominado “Uso de los paquetes informáticos de Excel y VBA”, para automatizar el modelo del punto de equilibrio económico en el análisis financiero de un proyecto inmobiliario”, dentro de una de sus conclusiones nos indica:

El cálculo basado en este método, permite al Gerente, Administrador, Contador General, tener el control total tanto de los resultados como de las obligaciones y obtener conclusiones interesantes de los problemas inherentes a la situación financiera, mercantil, crediticia, productiva, de inversión, de administración. Le da la libertad al Manager de buscar la mejor solución posible a su proyecto, puesto que se estudia y analiza situaciones financieras y económicas, señala el curso correcto en la que se debe encaminar la Empresa Industrial para obtener los mejores resultados y mantenerse siempre cerca de su objetivo y propósito. (p. 52)

A nivel nacional podemos mencionar a (Burga, 2021) con su investigación “Diseño de un modelo de costos de servicios para la toma de decisiones y determinar la rentabilidad y el punto de equilibrio en el colegio JM – 2019” quien concluye: “El modelo presentado, basado en el costeo por absorción y costeo variable, nos asegura una acertada asignación de costos para obtener la rentabilidad y el punto de equilibrio en las instituciones educativas” (p.53).

En el desarrollo de nuestra aplicación vamos a limitarnos al estudio del denominado modelo de regresión lineal simple, que considera una sola variable explicativa X:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X \quad (1)$$

Para la aplicación práctica debemos disponer de una muestra de observaciones de ambas variables, puesto que el modelo anterior sugiere que la relación entre las dos variables se cumple para cada una de las observaciones correspondientes (Novales, 2018).

Por tanto, se justifica el automatizar estas simulaciones de aplicaciones pues genera múltiples beneficios como la reducción de tiempos, la minimización de errores y sobre todo el procesamiento de grandes volúmenes de datos, dejando únicamente la tarea más compleja en manos del gestor económico, la cual es la toma de decisiones.

La implementación de puntos de equilibrio económicos en hojas de cálculo permite el manejo de conocimientos avanzados de hojas de cálculo, implementado e integrando diversas herramientas como son validación, seguridad, tipo de datos, etc., dando lugar a la solución del problema: ¿De qué manera se pueden implementar aplicaciones automatizadas sobre hojas de cálculo para la determinación de puntos de equilibrio basados en la regresión lineal?

2. MÉTODOS Y MATERIALES

La investigación contó con un diseño no experimental, documental y propositivo; por ende, no se definió población, ni muestra. En cuanto al enfoque, la investigación fue cualitativa y a nivel descriptiva.

Para el desarrollo de la presente investigación se ha utilizado el método de regresión lineal basada en el método de los mínimos cuadrados ordinarios (MCO) el cual se fundamenta en la relación y correlación que existen entre una variable dependiente y una o muchas variables independientes (Carattino, 2023). Se ha seleccionado la regresión lineal por cuanto es una herramienta sumamente importante en el mundo de las Finanzas, justamente debido a que permite realizar proyecciones y pronósticos de una variable dependiente explicada por una o más variables independientes (Brenes, 2017).

El esquema metodológico que se utilizó inicia con la recopilación de datos (partiendo del comportamiento de la oferta y demanda de un producto específico de la empresa analizada), luego con la respectiva implementación del modelo, la estimación de las proyecciones, la interpretación de los resultados y culmina con la generalización de los resultados obtenidos. También se ha sumado el utilizar textos y manuales de algunos autores referidos a la estimación de proyecciones a partir de data histórica ya verificada.

3. RESULTADOS Y DISCUSIONES

Para poder determinar un punto de equilibrio se debe comenzar por identificar dos conjuntos de datos (data) con características homogéneas, es decir que estén relacionadas dentro del mismo mercado y en torno al mismo servicio y producto, además de un horizonte de tiempo también establecido de manera similar para ambas datas.

En la Figura 1 se detalla la data que se ha seleccionado para poder implementar la aplicación de regresión lineal (obtenida a partir de la oferta y demanda de un producto determinado de la empresa estudiada). Para un determinado producto se han identificado 24 datos históricos de

precio – cantidad ofertada, así como también 24 datos históricos de precio (expresado en unidades monetarias) y cantidad demandada (expresada en miles de unidades). Se incide en la data histórica por cuanto son datos que ya se han registrado en algún momento del tiempo pasado y por tanto son verificables (por ejemplo, en muchas instituciones existen el área de estadística e informática). Asimismo, la data debe ser para predecir alguna cantidad continua (Gonzales, 2018).

Figura 1.
Identificación de la data

	A	B	C	D	E
1				Cantidad	
2		Periodo	Precio	Ofertada	Demandada
3		1	3.51	864	821
4		2	3.15	718	838
5		3	3.75	923	812
6		4	3.02	703	844
7		5	3.25	818	831
8		6	3.75	918	812
9		7	3.30	825	817
10		8	3.82	925	806
11		9	3.40	832	812
12		10	3.44	837	811
13		11	3.19	726	829
14		12	3.55	849	819
15		13	3.80	924	808
16		14	3.88	943	798
17		15	3.64	884	811
18		16	3.43	835	812
19		17	3.96	959	784
20		18	3.38	857	807
21		19	3.38	857	807
22		20	3.93	971	788
23		21	3.20	743	837
24		22	3.63	881	816
25		23	3.40	832	812
26		24	3.35	829	811

Trabajando con una hoja de cálculo, lo primero que se debe determinar es el respectivo gráfico, que puede ser para cada uno de los juegos de datos. Dentro de las opciones que presenta la herramienta de automatización está el gráfico de dispersión (Wiegand, 2021). En la Figura 2 se detallan los argumentos que se han empleado, para obtener el gráfico que relaciona precio – cantidad ofertada.

Figura 2.
Gráfico de dispersión precio – cantidad ofertada.

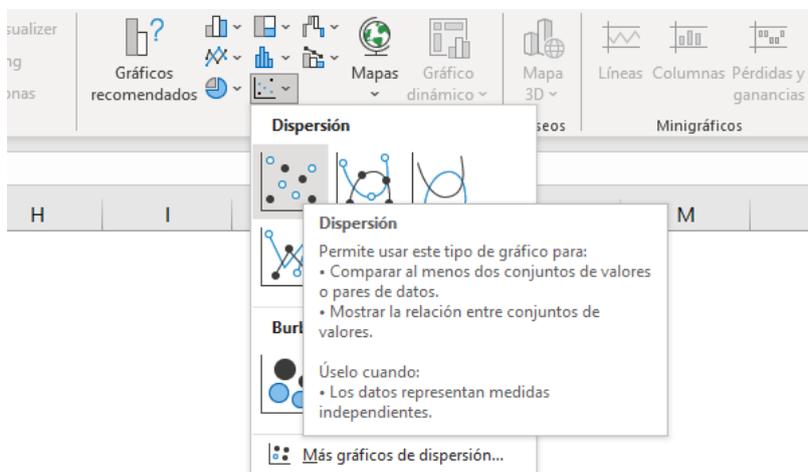
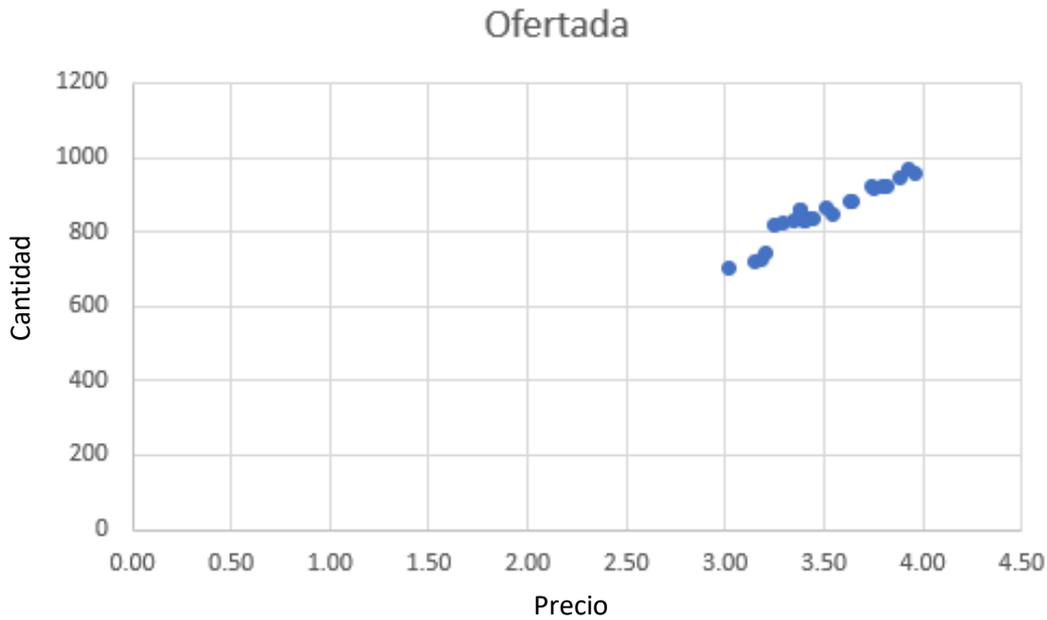
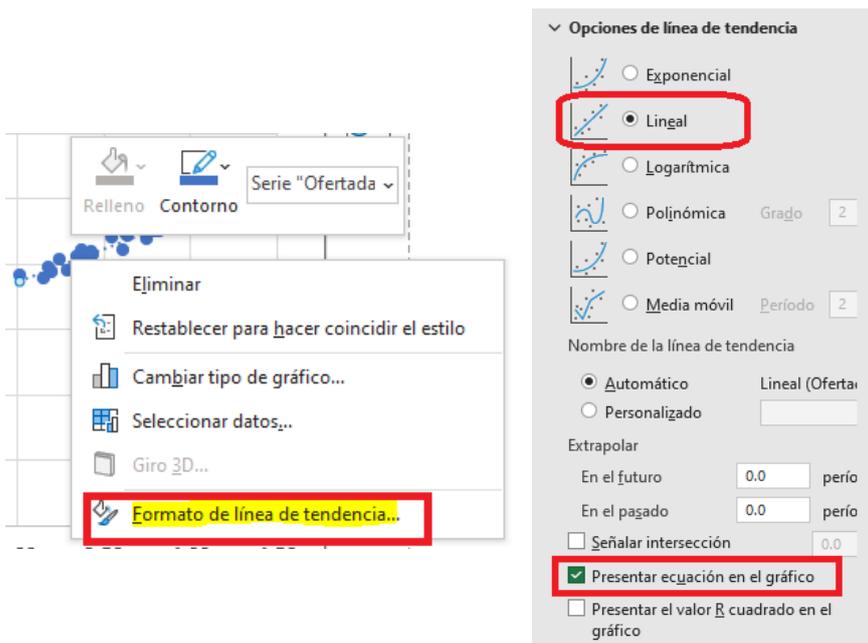


Figura 3.
Gráfico de dispersión precio – cantidad ofertada.



Ahora se establecerá la línea de tendencia, tal como se muestra en la Figura 3, con la opción automatizada de “Agregar línea de tendencia” habiendo previamente ejecutado un anti clic en algún punto. En el formato de línea de tendencia se trabajó con lineal, además de presentar la ecuación (Rivero, 2022).

Figura 3.
Línea de tendencia



Como se ha podido verificar, se pudo obtener a partir de la data histórica precio – cantidad ofertada la respectiva ecuación la cual tiene una pendiente positiva y es equivalente a:

$$y = 267.02x - 83.516 \quad (2)$$

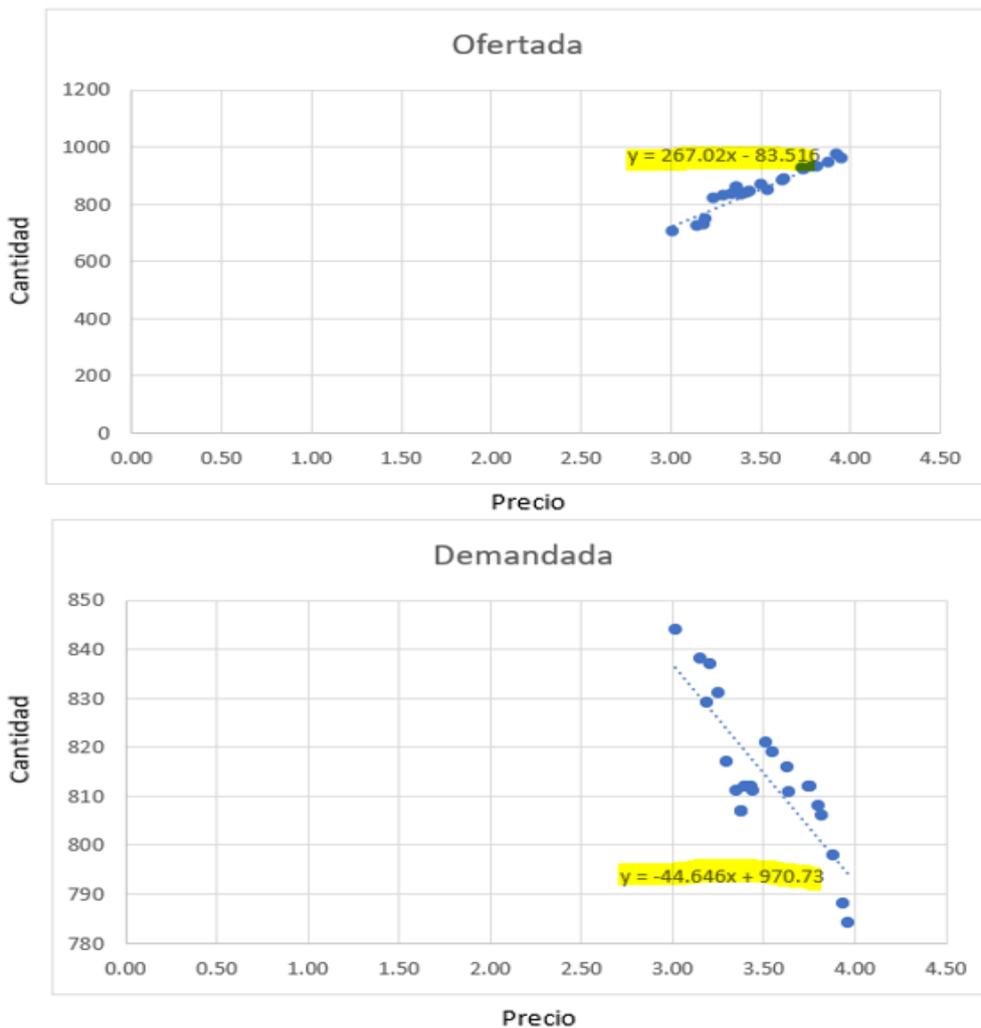
Lo mismo se puede realizar con la data precio – cantidad demandada, donde se ha podido obtener una ecuación con pendiente negativa y equivalente a:

$$y = -44.646x + 970.73 \quad (3)$$

En la Figura 4 se muestran las gráficas de ambas funciones, así como las respectivas ecuaciones que las definen. Al igualarlas de manera manual se puede despejar el valor de X (variable independiente) que sería equivalente al precio en las funciones de oferta y demanda por lo cual se obtendría un precio de equilibrio de 3.38 unidades monetarias. Al reemplazar 3.38 en X se obtiene un valor de cantidad de equilibrio equivalente a 819 710 unidades.

Figura 4.

Determinación de las ecuaciones.



Pero para continuar con la automatización propia de la hoja de cálculo, vamos a resolver el sistema de ecuaciones a través de la herramienta Solver.

En la Figura 5 podemos ver el planteamiento a partir de las dos ecuaciones halladas previamente. Se inicia en el supuesto que tanto los valores de X (precio en equilibrio) e Y (cantidad en equilibrio) tienen el valor cero.

Figura 5.

Planteamiento del sistema de ecuaciones para hallar valores de equilibrio.

	A	B	C	D
1	Ecuaciones originales			
2	$y = -44.646x + 970.73$			
3	$y = 267.02x - 83.516$			
4				
5	Variables			
6	X			0
7	Y			0
8				
9	Restricciones (ecuaciones halladas)			
10	f demand:	$=-44.646*C6-C7+970.73$		0
11	f oferta	$=267.02*C6-C7-83.516$		0
12	f objetivo	$=SUMA(C10:C11)$		

Finalmente, en la Figura 6 se muestra la parametrización implementada en la herramienta Solver para poder hallar los valores del punto de equilibrio económico.

Al igual que en el caso del cálculo manual, este cálculo automatizado mediante Solver también nos arroja un valor de 3.38 para la variable independiente X (es decir el precio en el equilibrio del mercado) y un valor de Y (cantidad de equilibrio en el mercado) equivalente a 819 710 unidades, constituyendo ambos valores el punto de equilibrio económico dentro de un mercado.

En resumen, el punto de equilibrio hallado de manera automatizada corresponde a:

- Precio en equilibrio (P^*) = 3.38 unidades monetarias
- Cantidad en equilibrio (Q^*) = 819 710 unidades

Figura 6.*Parámetros en la herramienta Solver*

Parámetros de Solver

Establecer objetivo:

Para: Máx Mín Valor de:

Cambiando las celdas de variables:

Sujeto a las restricciones:

SCS10 = 0
SCS11 = 0

Convertir variables sin restricciones en no negativas

Método de resolución:

Método de resolución

Seleccione el motor GRG Nonlinear para problemas de Solver no lineales suavizados. Seleccione el motor LP Simplex para problemas de Solver lineales, y seleccione el motor Evolutionary para problemas de Solver no suavizados.

Ayuda Resolver Cerrar

Como discusión de los resultados que nos ofrece la investigación se puede comenzar en resaltar la gran flexibilidad y versatilidad que presenta el uso de la hoja de cálculo para implementar aplicaciones que permiten determinar puntos de equilibrio económico basados en la regresión lineal (Holmes, 2023).

Concretamente la mejora que se ha determinado se orienta a una optimización en el proceso del cálculo de los puntos de equilibrio económicos para lograr analizar de manera rápida y eficiente el precio y cantidad óptima desde la perspectiva económica, evitando incoherencia, inconsistencia y redundancias innecesarias. Si bien existen muchas técnicas de inferencias estadísticas que apoyan las decisiones financieras, también es verdad que son bastantes tediosas e incluso incomprensible para los estudiantes e incluso profesionales, por lo cual una automatización con herramientas de dominio común, pero con gran potencia de cálculo supone una comprensión práctica y significativa de dichas técnicas estadísticas, además de minimizar los errores y riesgos propios de las actividades humanas.

Se trabajó con el método de regresión simple, pues es un modelo un modelo de regresión que se utiliza para obtener una descripción y evaluación de la posible relación que se establece entre una variable llamada endógena (Y, también llamada dependiente o explicada) y una o más variables llamadas exógenas (X, o variable independiente o variable explicativa). Si existe una sola variable exógena se denomina regresión simple y si tiene dos o más variables exógenas, regresión múltiple (Contreras, 2021).

Incidir también en la necesidad de tener una data histórica de calidad, es decir una data verificable y exenta de errores, lo cual como ya se ha resaltado debe ser registrada por un área u oficina específica dentro de las organizaciones. A partir de esta data se puede automatizar a partir de un gráfico de dispersión, cuya utilidad se usa comúnmente para mostrar cómo dos variables se relacionan entre sí (ESAN, 2019).

La facilidad asociada al empleo de estos gráficos es la de poder agregar una línea de tendencia a partir de la cual de manera automatizada se nos genera la ecuación de los datos, es decir tenemos una función lineal con una variable dependiente (la conocida Y que las funciones de oferta y demanda es lo equivalente a la cantidad) y una variable independiente (la también conocida X que en las mismas funciones de demanda y oferta que definen un mercado representaría el precio).

Entonces, sin necesidad de ningún cálculo, únicamente con data “pasada” correctamente registrada en términos sencillos tenemos la función de demanda y la función de oferta que modelan el comportamiento de un mercado determinado.

Como último paso para poder determinar los valores de ambas variables (X,Y) que representan las coordenadas del punto de equilibrio económico en cuanto a precio y cantidad en equilibrio, se utiliza otra herramienta de automatización en este caso Solver, que es una **herramienta de análisis** aplicado sobre todo en el mundo empresarial, y que permite calcular el valor de una celda que depende de diversas variables donde a la vez existen una serie de restricciones que deben cumplirse (Cuesta, 2019).

4. CONCLUSIONES

Al comparar los resultados del cálculo que se haría de manera manual, primeros de las funciones y luego de los valores de equilibrio, se comprueba que mediante el uso de herramientas automatizadas también se obtienen los mismos valores, pero minimizando errores, tiempos de cálculo y procesamiento de abundantes datos para la correcta toma de decisiones relacionadas a un determinado mercado.

De manera general podemos indicar que se alcanzó el resultado en cuanto se puso implementar aplicaciones sobre hojas de cálculo para la determinación de puntos de equilibrio basados en la regresión lineal, de tal forma que las aplicaciones funcionen con un esquema de objeto encapsulado, es decir cálculos y procedimientos totalmente transparentes para el usuario economista, y por consecuencia se centre en la interpretación, análisis y toma de decisiones económicas.

Con base a los resultados de la aplicación que se ha simulado y que se han podido calcular y discutir previamente, se obtiene lo siguiente:

- La implementación de aplicaciones sobre hojas de cálculo para la determinación de puntos de equilibrio basados en la regresión lineal debe partir de una base de datos histórica consistente y coherente, verificable en su origen y valoración.
- Para la automatización del proceso de cálculo del punto de equilibrio económico se ha trabajado con la técnica de regresión lineal, implementada a través de las opciones de línea de tendencia, y la resolución de un sistema de ecuaciones 2x2 que se implementó a través de la herramienta Solver.
- Para la optimización del cálculo, a partir de la data se ha implementado un gráfico de dispersión (tanto para oferta como para demanda) agregando una línea de tendencia que se ha configurado como Lineal y se ha habilitado la opción que se muestre la ecuación correspondiente. Al tener las dos ecuaciones (funciones de oferta y demanda) se cuenta con los insumos para utilizar la herramienta Solver.

- El gran nivel de automatización de las funciones, fórmulas y herramientas utilizadas otorgan la garantía de precisión, aseguran la disminución del tiempo de cálculo y reducen al mínimo los errores de procesamiento, siempre teniendo en cuenta que debemos partir de sistematizar tres datos primordiales: el precio en los diversos periodos, la cantidad ofertada en los diversos periodos y finalmente la cantidad demandada también en los diversos periodos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Brenes, H. (2017). Aplicación del análisis de regresión lineal simple para la estimación de los precios de las acciones de Facebook, Inc. *REICE: Revista Electrónica de Investigación en Ciencias Económicas*, 5(10), 133-155. <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwi8nPDz0rmCAxVBqpUCHVkB4MQFnoECBQQAQ&url=https%3A%2F%2Fdialnet.unirioja.es%2Fservlet%2Farticulo%3Fcodigo%3D6241447&usg=AOvVaw2ypdMrnQosJ8i0Pn2rkmU9&opi=89978449>
- Burga, G. (2021). *Diseño de un modelo de costos de servicios para la toma de decisiones y determinar la rentabilidad y el punto de equilibrio en el colegio JM – 2019* [Tesis de Pregardo, Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo]. Archivo Digital. https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwjrpKaFzrmCAxWSGLkGHV_3AboQFnoECAkQAQ&url=https%3A%2F%2Ftesis.usat.edu.pe%2Fhandle%2F20.500.12423%2F3785&usg=AOvVaw2i71kxeWnVx_wP2NL8nKuW&opi=89978449
- Carttino, A. (2023, 12 de abril). *Regresión Lineal*. Encuesta. <https://encuesta.com/blog/la-regresion-lineal/>
- Contreras, M. (2011). *Aplicación del Método de Regresión Lineal en el Análisis de los Determinantes de la Inversión Extranjera en Colombia*. https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwjs7eTR77qCAXArpUCHTi9ACwQFnoECBIQAQ&url=http%3A%2F%2Fwww.fce.unal.edu.co%2Fmedia%2Ffiles%2FUIFCE%2FEconomia%2FUna_Aplicacion_d_el_Metodode_Regresion_Lineal_en_el_Analisis_de_los_Determinantes_de_la_Inversion_Extranjera_en_Colombia.pdf&usg=AOvVaw0-2eRuJ3-6lSLqctPz7GNr&opi=89978449
- Cuesta, Y. (2019, 1 de noviembre). *Solver en Excel*. About Español. <https://www.aboutespanol.com/solver-en-excel-1791023>
- Gonzales, L.(2023, 7 de noviembre). *Regresión Lineal – Teoría*. aprendeIA. <https://aprendeia.com/algoritmo-regresion-lineal-simple-machine-learning/>
- Holmes, A. (2022, 14 de febrero). *Cómo utilizar Microsoft Excel® para el análisis de regresión*. OpenStax. <https://openstax.org/books/introducci%C3%B3n-estad%C3%ADstica-empresarial/pages/13-7-como-utilizar-microsoft-excel-r-para-el-analisis-de-regresion>
- Novales, A. (2018). *Análisis de Regresión*. Universidad Complutense. https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwiiV_Pbz7mCAxVsJrkGHQceCWwQFnoECAsQAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.ucm.es%2Fdata%2Fcont%2Fdocs%2F518-2013-11-13-Analisis%2520de%2520Regresion.pdf&usg=AOvVaw3A5-xNMuDUw7s-Z74t_zLp&opi=89978449

- Reinoso, N. (2016). *Uso de los paquetes informáticos de excel y vba, para automatizar el modelo del punto de equilibrio económico en el análisis financiero de un proyecto inmobiliario [Tesis de Postgrado, Universidad Católica de Santiago de Guayaquil]*. Archivo digital. <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwjp48qrzrmCAxVrDbkGHbHuCgsQFnoECAwQAQ&url=http%3A%2F%2F repositorio.ucsg.edu.ec%2Fhandle%2F3317%2F5143&usg=AOvVaw3uWZ13ywAV7oWNo1IG6U6H&opi=89978449>
- Rivero, J. (2022, 26 de julio). *Análisis de Regresión Lineal en Excel*. Neetwork Business School. <https://neetwork.com/analisis-de-regresion-lineal-en-excel/>
- Universidad ESAN. (2019, 25 de octubre). *Diagrama de dispersión: ¿cómo usar esta herramienta de control de calidad?*. Conexión ESAN. <https://www.esan.edu.pe/conexion-esan/diagrama-de-dispersion-como-usar-esta-herramienta-de-control-de-calidad>
- Wiegand, C. (2021, 29 de setiembre). *Regresión Lineal en Excel*. NinjaExcel. <https://www.ninjaexcel.com/formulas-y-funciones-de-excel/regresion-lineal/>

Revista Científica de la UNF - Aypate

Arqueología molecular, pH adobe Tallán con presencia microorganismos para conservación preventiva, Sitio arqueológico Tangarará 3

Molecular archaeology, pH adobe Tallán with the presence of microorganisms for preventive conservation, Tangarará archaeological site

David González Espino¹, Luis Ángel Paucar Flores², Oliver Martin Velásquez Viloche³
Instituto de Investigación para el Desarrollo del Turismo Sostenible INDEST.
Universidad Nacional de Frontera, Sullana, Piura, Perú
Facultad de Ingeniería de Industrias Alimentarias y Biotecnología,
Universidad Nacional de Frontera, Sullana, Piura, Perú.
Compañía Trujillo SALEM, ciudad Trujillo, Perú

RESUMEN

El análisis de los adobes tallanes como elementos que sirven para la construcción a nivel del pH aportan nuevos conocimientos para la intervención a nivel de conservación preventiva. El objetivo de la investigación está en realizar a través de la arqueología molecular un análisis del pH en el adobe tallan determinando presencia de microorganismos, así como acidez o alcalinidad del material constructivo y sirva de referencia para la conservación preventiva arquitectónica en la intervención en los sitios arqueológicos de la costa norte del Perú. La metodología de trabajo estuvo determinada por un enfoque cuantitativo, tipo básica y diseño no experimental ya que no se manipula ninguna variable, y se utilizó una muestra de veinte (20) adobes. Como resultados tenemos un pH 7.21 que se determina como ligeramente alcalino o básico, siendo un indicador que permite interpretar ausencia de humedad, y se determina presencia de hongos en los adobes. A nivel de conclusiones se determina que el material del suelo que sirve para la confección de adobes tallanes evita la humedad del agua en los procesos conocidos como percolación o lixiviación frenando deterioro en el tiempo del material constructivo.

Palabras clave: Adobe, Tallán, Potencial hidrogeno, Conservación preventiva, Microorganismos

ABSTRACT

The analysis of Taltan adobes as elements that serve for construction at the pH level provides new knowledge for intervention at the level of preventive conservation. The objective of the research is to carry out, through molecular archeology, an analysis of the pH in the adobe carving, determining the presence of microorganisms, as well as the acidity or alkalinity of the construction material and serving as a reference for preventive architectural conservation in the intervention at the sites. archaeological sites of the northern coast of Peru. The work methodology was determined by a quantitative approach, basic type and non-experimental design since no variable was manipulated, and a sample of twenty (20) adobes was used. As a result, we have a pH of 7.21, which is determined as slightly alkaline or basic, being an indicator that allows us to interpret the absence of humidity, and the presence of fungi in the adobes is determined. At the level of conclusions, it is determined that the soil material used to make Taltan adobes prevents water humidity in the processes known as percolation or leaching, slowing down the deterioration of the construction material over time.

Key words: Adobe, Tallán, Hydrogen potential, Preventive conservation, microorganisms

³ instituto de Investigación para el Desarrollo del Turismo Sostenible INDEST, Universidad Nacional de Frontera, Email: dgonzales@unf.edu.pe, <https://orcid.org/0000-0001-8564-702X>, Sullana, Piura, Perú.

² Facultad de Ingeniería de Industrias Alimentarias y Biotecnología, Universidad Nacional de Frontera, , Email: lpaucar@unf.edu.pe, <https://orcid.org/0000-0002-1636-2589>, Sullana, Piura, Perú.

³ Compañía Trujillo SALEM, Email: comtrusac@gmail.com, Trujillo, Perú.

1. INTRODUCCIÓN

La ciencia arqueológica estudia los diversos materiales del pasado buscando una explicación a los diversos problemas que se sucedieron en el pasado y que dan pie a las investigaciones (Gonzalez, 2021)

Los trabajos de la ciencia arqueología deben apuntar no solo a la recuperación de materiales culturales, sino también analizar los materiales constructivos como el adobe que son parte de la arquitectura, y en algunos casos han resistido en el tiempo como en Huacas del Sol y La Luna, Huaca Rajada o Tangarará.

La arqueología como ciencia enfoca sus investigaciones en materiales del pasado, y además en sistemas constructivos arquitectónicos prehispánicos. El uso del adobe es de larga data, y nuevas investigaciones están proponiendo la aparición de este material en épocas antes de cristo. La característica rectangular del adobe es considerada por muchos como único modelo, sin embargo, existen otros formatos de adobes como son los cónicos que se usan en la arquitectura de tierra como del sitio arqueológico Monte Lima ubicado en el distrito de Ignacio Escudero, provincia de Sullana.

La costa norte del Perú fue el espacio geográfico inicial que albergó a los primeros hombres que llegaron a esta parte del territorio, encontrando en la naturaleza de los suelos diversos materiales para la construcción como roca, arcilla, agua y abundante vegetación.

La formación de los suelos es un complejo proceso que tiene cambios del tipo físico, químico y biológico, por ejemplo, un cambio físico se produce en los tamaños de las partículas que se visualizan a través de la granulometría, un cambio químico se produce con la separación de rocas y minerales, y un cambio biológico se expresa en los cambios que se producen de organismos y microorganismo que habitan los suelos. (García et al., 2012)

Por otro lado, el suelo es un recurso que tiene vida que tiene entre sus funciones producir alimentos como función del ecosistema. En tal sentido la calidad del suelo es determinante en para la sostenibilidad de la agricultura y medioambiente y esperando tener consecuencias positivas para el planeta. (Burbano, 2017)

Se determina como suelo a una serie de materiales, restos de organismos, agua y aire, esto indica que al menos estos componentes siempre están presentes en la composición del suelo (Tarbuck y Lutgnes, 2005)

Diversos trabajos de investigación muestran presencia de sitios arqueológicos que están diseñados en base al adobe y resisten al tiempo; en la costa norte del Perú tenemos los casos de Pampa la cruz en el distrito de Huanchaco, Huacas del Sol y La Luna, Pañamarca (Nepeña), Huaca Cao Viejo (Ascope), Chan Chan (Trujillo), Huaca Rajada (Chiclayo), Narihuala (Piura), Tangarará (Sullana) Paredones (Paita) entre otros diversos sitios tienen dentro del componente arquitectónico presencia de adobes de diversos tamaños.

La arquitectura hecha en tierra es utilizada en gran parte del continente americano donde los pueblos que fueron desarrollando y ocupando espacios empezaron con el diseño de modelos arquitectónicos, y como materiales constructivos están en adobe entre otros.

En etapa colonial el adobe está presente en varias construcciones, y aparecen los ladrillos como nuevo material que se introduce en América. Es así que por ejemplo para el diseño de arquitectura hidráulica de Lima se construye bajo un diseño prehispánico donde los materiales que predominan son roca, adobe y ladrillo. (Gonzalez, 2020)

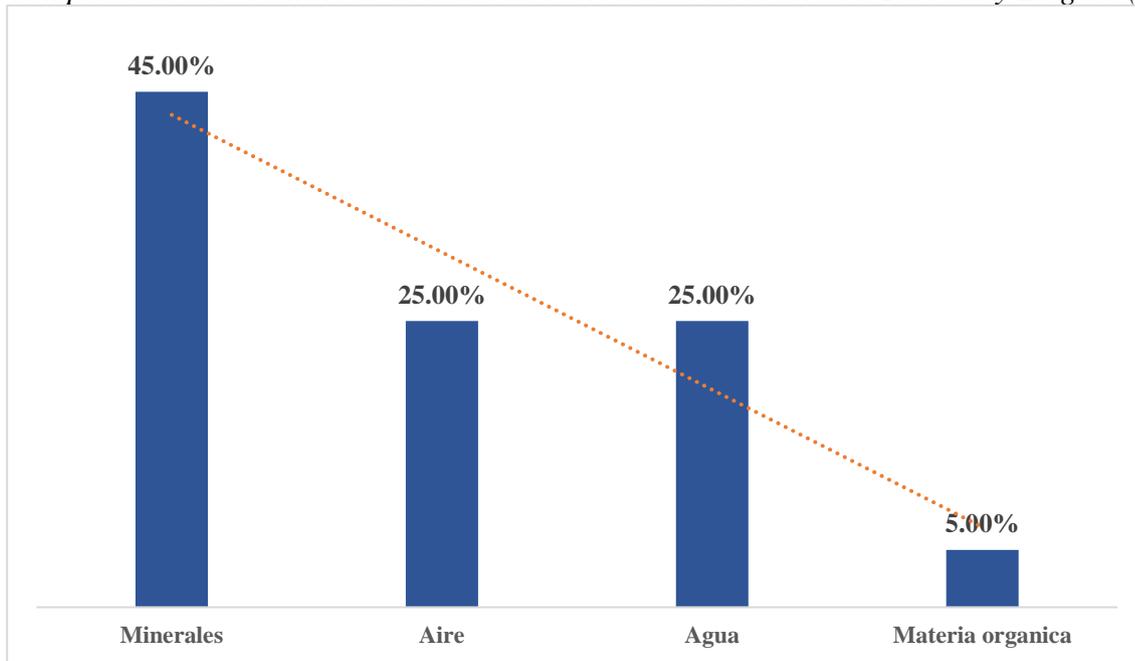
La acidificación de un suelo contempla tres tipos de acidez que se definen en; acidez real, acidez retenida y acidez potencial estos determinan cambios físicos, químicos, y mineralógicos. (Castro et al., 2006)

El material arquitectónico que se usó con frecuencia en la costa peruana por las antiguas culturas proviene del suelo con sus diversos componentes y tamaños que se definen en limos, arcillas, tierras, y arenas que una vez que son trabajadas se convierten en adobe.

Sin embargo, para la costa del Perú existió usó materiales constructivos que complementaron o reemplazaron al adobe, (Cornejo et al., 2023) en su trabajo de investigación determina que en el territorio de Chancay hay una influencia inca en la cultura Chancay en las estructuras arquitectónica usando material típico de la sierra como es la piedra (roca) que reemplaza al adobe.

Figura 1.

Composición del volumen de un suelo en buen estado de acuerdo a Tarbuck y Lutgens (2005)



Nota. Los porcentajes están en relación a la distribución establecida por los autores.

En cuanto al perfil del suelo se forma desde la superficie hacia abajo donde existen variantes de composición, estructura, textura, color. Las diferencias verticales del suelo se definen como horizontes desde la superficie hacia abajo se determina; horizonte O, horizonte A, horizonte E, horizonte B y horizonte C. (Tarbuck y Lutgnes, 2005)

El suelo contiene diversos componentes como material orgánico, así como diversas medias de grano donde se encuentra arena, arcilla, tierra, limo entre otros todo ello condiciona a tener un material constructivo adecuado. Sin embargo, es necesario indicar que existe potencial hidrogeno (pH) como una variable importante que permite medir acidez o alcalinidad de los suelos.

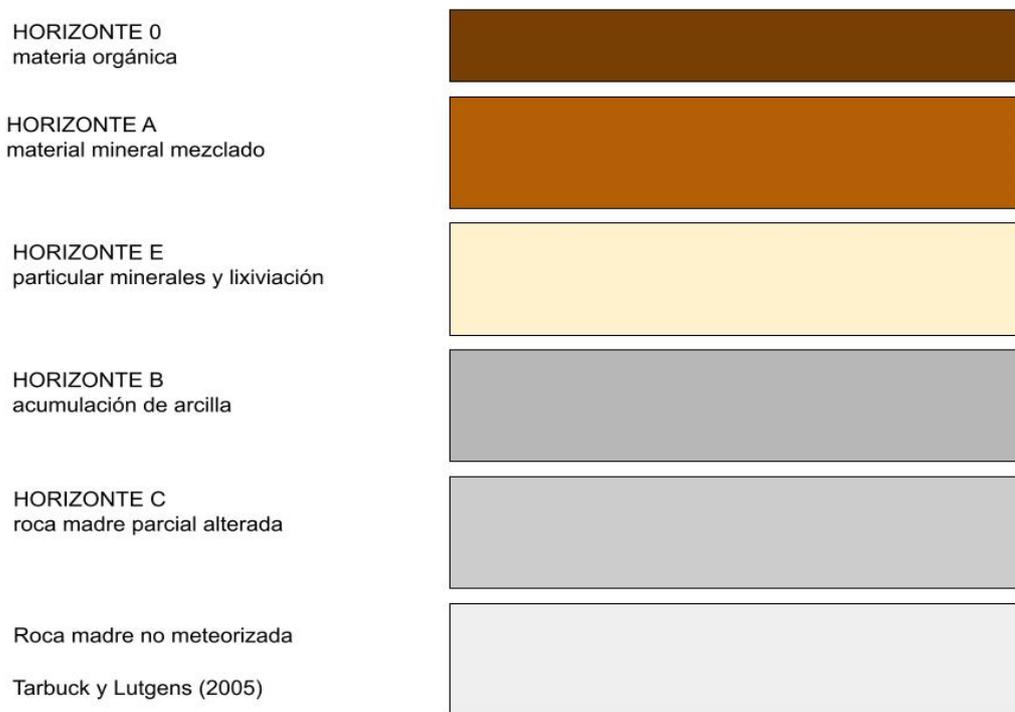
Los suelos aridosoles son aquellos que se caracterizan porque se desarrollan en zonas secas con escasas de agua que no permite la extracción de minerales con características solubles, y que con frecuencia tienen acumulación de carbonatos de calcio, yeso, o sales que están acumuladas en el subsuelo y tiene un bajo contenido orgánico.

Aparecen también en los suelos áridos también contienen una diversidad de materiales para construcción como son; yeso, rocas ígneas para cemento, y presencia de arcilla para confección de ladrillos.

Los ríos que se ubican en los valles que suelen ser amplios generando playas que también se denominan diques que cumplen una función de cauce del río. Estos se forman como parte de una serie de inundaciones en el tiempo. Y conforme el agua va discurriendo se van depositando materiales como sedimento, arena, arcilla entre otros.

Figura 2.

Perfil idealizado de suelo de acuerdo a Tarbuck y Lutgnes (2005)



Nota. Determinación de los horizontes de los suelos y sus compuestos que terminan dando forma a los suelos.

Los suelos deben tener un equilibrio en la composición de limos, arcillas y arenas que permite la estabilización del material hecho que permite que exista resistencia adecuada en la aplicación y diseño por ejemplo de bloques de adobes. (Bedoya, 2017)

La estabilización de los materiales permite a los productos como los adobes tener una consistencia compacta que evita posibles facturas que se pueden producir con algún fenómeno natural de carácter mecánico o sísmico. Así también la prevalencia del ph básico o denominado también alcalino que tiene propiedades físicas que evitan deterioro del material constructivo y que a través de la humedad pueden desarrollar lesiones físicas como grietas.

Figura 3.

Estructura del lado Sur del sitio arqueológico Tangarará ubicado en el centro poblado San Miguel de Tangarará, distrito de Marcavelica, provincia de Sullana.



Nota. La imagen representa una pared de adobe que permite establecer un diagnostico preliminar identificándose como muro con posible rampa.

El adobe es un material constructivo que fue en época prehispánica soporte para la arquitectura de las diversas culturas que se desarrollaron en territorio peruano. En tal sentido el uso del material continua hasta nuestros días. Por lo general el adobe es un material que no tiene cocción y más bien seca al sol.

Es importante destacar que el adobe tiene una diversidad de combinaciones a nivel de materiales y componentes orgánicos que aportan resistencia y en otros casos estabilidad para soportar en el tiempo.

En si el adobe se define como un bloque de carácter macizo que está constituido de fragmentos de suelo, y no tiene cocción, y en ocasiones se usa dentro de la masa restos vegetales como paja, hierba y plantas que deben cumplir una función de estabilidad.

Además, tenemos el mortero que está constituido de material fino como arcilla o limo, y que se define como una masa que sirve de unión para los adobes que forman parte de una construcción. Hoy en día se van estableciendo una diversidad de recomendaciones sobre el tamaño que deben tener los adobes que son destinados para las edificaciones que con frecuencia llegan a tener medidas que se establecen en 40x40x10 y 40x20x10 que son considerados tamaños óptimos para usar en las edificaciones.

Existen también recomendaciones que a nivel de porcentajes que deben componer el material que se destina para la fabricación del adobe y por otro lado se realizan recomendaciones donde resalta evitar usar material orgánico.

En cuanto al formato del adobe este puede ser cuadrangular, así como rectangular, y en lo posible debe tener ángulo de 90°, así también se recomienda que para la altura en el diseño debe ser superior a los 8cm. Por ejemplo, el ministerio de vivienda del Perú emite propuesta que los adobes deben tener una medida de 40cm x 40cm x 8cm.

En sitio arqueológico de Tangará está ubicado en el centro poblado de San Miguel de Tangará, distrito de Marcavelica, provincia de Sullana. El territorio cuenta con 11 sitios arqueológicos de acuerdo al Ministerio de Cultura, tiene una filiación Tallán con datación relativa del año 900dc.

La cultura Tallán tiene etapas cronológicas de convivencia territorial con una diversidad de culturas entre las que se encuentra: Paita, Mochica, Sicán, Chimú, Inca e Hispánica. Estas afirmaciones sobre convivencia territorial se reflejan en la presencia de arquitectura y cerámicas de las culturas antes mencionadas en el territorio Tallán ubicado en el actual distrito de Marcavelica.

Para las fases constructivas se elaboró una gran cantidad de adobes de diversos tamaños y con diversas marcas que permitieron edificar sobre todo piramides, en el caso del sitio arqueológico Tangará se determina uso de adobes superpuestos, y argamasa de barro para realizar la unión de las estructuras. Para el ministerio de cultura son montículos que se presentan a orillas del río, sin embargo, se puede apreciar cierto diseño de plataforma superpuesta en el lado sur de la estructura.

Mediante resolución directoral nacional emitida en el año 2005 a través del Instituto Nacional de Cultura del Perú, y de acuerdo a la comisión nacional técnica en arqueología se resuelve declarar patrimonio cultural de la nación a los sitios arqueológicos bajo la denominación; Ovejería 1 (sector 1) Ovejería 2 (sector 2) Tangará 3 (sector 3) Tangará 4 (sector 4) Tangará 5 (sector 5) y Tangará 6 (sector 6) que están ubicados en el centro poblado de San Miguel de Tangará, distrito de Marcavelica, provincia de Sullana, departamento de Piura.

El monumento arqueológico se encuentra ubicado hacia el lado sureste del pueblo denominado San Miguel de Tangará, en una terraza aluvial ubicada hacia el lado oeste del río Chira. El monumento está compuesto por una sola plataforma artificial con tres (03) elevaciones a manera de montículos. (Ministerio de cultura, 2021)

Los adobes como cualquier otro material están sujetos a determinar pH que es una medida que permite determinar grado de acidez o alcalinidad de una muestra de material en una disolución. Esta tiene una escala de valoración del 1 al 14.

Figura 4.

Sitio arqueológico Tangarará centro poblado San Miguel de Tangarará, distrito Marcavelica, provincia de Sullana.



Nota. Se ubica bajo programa Google Earth el sitio arqueológico Tangarará a las orillas del río Chira.

El potencial hidrogeno (pH) se determina a través de la concentración de iones de hidrogeno como parámetro en la taxonomía del suelo, y con frecuencia se recurre a la medición con metodologías volumétricas (Beretta et al., 2013)

El pH se mide en una escala de 1 al 14 en tal sentido es necesario indicar que una escala comprendida entre 1 y 6.9 se determina como ácido, y una escala del 7.1 al 14 como alcalina o base. La escala óptima neutral es del 7 indicar que determina condiciones favorables, sin embargo, para tierras que serán usadas como material constructivo deben estar por encima del valor siete (07).

Figura 5.

Escala de medición del pH.



Nota. Distribución de la medida del pH que determina acidez o alcalinidad de un elemento donde la neutralidad es 7.

El conglomerado del adobe Tallán está en base a tierra del suelo que al mezclar con agua se desarrolló modelo de adobe, sin embargo, es necesario indicar que no se determinan estudios sobre la resistencia del adobe en el tiempo, y que guarden relación con potencial hidrogeno pH así como presencia de microorganismos.

La conservación preventiva guarda una relación directa con la arqueología, ya que su actividad tiene intervención directa en los bienes materiales como son la cerámica, metales, textiles así también en materiales constructivos del pasado como son los adobes.

Los materiales arqueológicos que provienen de las excavaciones arqueológicas como son los adobes necesitan identificación del ph que permite determinar la resistencia de la arquitectura y material en el tiempo.

La conservación va de la mano con el término patrimonio que significa bienes heredados, y es importante destacar el legado como parte de una cultura nacional, a través de la transmisión de los bienes culturales representativos (Gonzalez, 2024).

Conservar y restaurar son dos actividades que tienen marcadas diferencias a nivel de materiales e intervenciones así que tienen fines distintos. Por ello existen entidades y profesionales que marcan con claridad los oficios. Es así que las definiciones cambian en los países. (Guiche, 1999).

Las intervenciones que se realizan en los materiales de la antigüedad nos dan resultados y consecuencia de los mismos y que con manera constante presentan una diversidad de pautas que se debe tomar en cuenta en los trabajos de conservación. (Catalán, 2013).

Los esfuerzos que presenta la conservación preventiva están focalizados en; la acción preventiva y restauración de las piezas o colecciones, por ello es necesario que las políticas que se pueden plantear en una entidad deben estar destinadas buscar estrategias que eviten los daños que pueden sufrir las piezas o colecciones. (Calderón, 2008).

Los objetos que permanecen en la tierra se presumen que se encuentra de forma estable, y cuando salen de este sufre ciertas modificaciones producidas en principio por el clima hecho que rompe la armonía entre objeto y medio. (Zupan, 2005).

Las causas que llevan al deterioro de una pieza o material arqueológico están en razón de un origen físico, químico o biológico (microorganismos). Así también cualquier sustancia puede afectar a las piezas, es importante resaltar que la afectación dependerá de la naturaleza del objeto, el medio y manipulación del profesional.

Por ejemplo, en los climas que son tropicales o áridos tenemos suelos que frecuentemente pueden tener un contenido de óxidos de sodio, óxido de hierro que evitan la percolación del agua.

La arqueología molecular es una disciplina que permite identificar los microorganismos como bacterias, hongos, levaduras o líquenes que pueden estar influenciando en la resistencia del material como el adobe.

Por ello las intervenciones que se pueden realizar nos permite extraer información para identificación de una diversidad de agentes biológicos que se alojan en los materiales arqueológicos. (Gonzalez, 2024).

En ambientes que son húmedos se acentúa la presencia de cloruro de sodio que termina produciendo ácido clorhídrico que es capaz de disolver sales insolubles en agua, también se forman cloruro de calcio y cloruro de magnesio. La existe de sales en los suelos de la costa favorecen en la selección de material de construcción, sin embargo, para temas agrícolas no es favorable.

El factor humano contribuye también a la aparición de sales a través de la domesticación de animales en la antigüedad donde tanto materia animal y vegetal se degrada en los terrenos y produce gases de nitrógeno que al combinarse con el oxígeno y humedad fomentan la aparición de nitratos.

Los trabajos de investigación sobre adobes prehispánicos contribuyen a la identificaron de componentes químicos que pueden afectar o beneficiar en la selección de suelos para material constructivo y determinar resistencia al tiempo y fenómenos naturales que puedan afectar a las edificaciones prehispánicas del antiguo Perú.

Puy et al (2022) desarrollan investigaciones sobre comparación de adobes prehispánicos y adobes coloniales utilizando en construcciones de México. El objetivo del trabajo fue realizar una caracterización de estos tipos de adobes usado para la edificación. En cuanto a la metodología es con enfoque cuantitativo, tipo básica, diseño no experimental. En cuanto a los resultados destaca a nivel de composición tres tipos de adobe prehispánico, agrícola, y adobe minero. A nivel de composición debemos rescatar que el adobe prehispánico tiene 0.0% de material orgánico, el adobe agrícola 8.9% y el adobe minero 7.26%. En cuanto a componentes químicos tenemos adobe prehispánico presenta Na_2O (óxido de sodio) 5.04% adobe agrícola 6.97% y adobe minero 3.45%. A nivel de conclusiones tenemos que la elaboración del material de adobe estuvo condicionado a los factores ambientales, razones técnicas y culturales.

Gama et al (2012) desarrollan investigaciones sobre arquitectura de tierra sobre adobe como material constructivo. El objetivo de la investigación fue la contribución a determinar las propiedades que tiene el material prehispánico en la construcción que es el adobe. En relación a la metodología está bajo enfoque cuantitativo, tipo básica, diseño no experimental. A nivel de resultados tenemos que de las seis (06) muestras de adobe utilizando tienen pH de 7.87 8.24 6.56 8.87 8.70 8.55 que demuestran ser alcalinas. A nivel de conclusión indica que la materia prima de construcción del adobe es similar en los suelos volcánicos del entorno.

Rivera (2012) desarrolla investigación sobre el adobe en el sistema constructivo de tierra cruda. El objetivo de la investigación fue exponer resultados de las propiedades del adobe a nivel físico, químico y mecánico. En cuanto al enfoque de investigación fue cuantitativo, tipo básico, y no experimental. A nivel de los resultados tenemos que a nivel de la caracterización física el adobe de estudio determino 5.0 pH que se interpreta como ácido, y presencia de sodio (Na) del 0.57%. A nivel de conclusiones se determina que el sistema constructivo en estudio a nivel físico y mecánico tiene una alta fragilidad y por tanto vulnerabilidad importante.

El objetivo de la investigación está en realizar a través de técnicas de la arqueología molecular un análisis del pH en el adobe Tallán determinando presencia de microorganismos además de acidez o alcalinidad del material constructivo y sirva de referencia para la conservación preventiva arquitectónica en la intervención en los sitios arqueológicos de la costa norte del Perú.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

En cuanto a los materiales utilizados para la investigación, se determinó extraer muestras de adobes Tallánes del sitio arqueológico Tangarará ubicado en el centro poblado de San Miguel de Tangarará. Así también se utilizó otros materiales para disolver las muestras.

- 20 muestras de adobe Tallán
- 20 frascos para muestras
- Agua destilada 1lt
- Ph medidor (pechimetro)
- Fichas para medir pH
- Placa Petri
- Peptona

Es importante detallar que el sitio arqueológico Tangarará cuenta con una cronología relativa del año 900 dc que está de acuerdo a la datación que fue emitida por el Ministerio de Cultura del Perú en informes del año 2004.

Figura 6.

Adobe Tallán que contiene la figura de una mano del sitio arqueológico Tangarará ubicado en el centro poblado de San Miguel de Tangarará, distrito de Marcavelica, provincia de Sullana.



Nota. Adobe Tallán detalla la figura de una mano que se puede interpretar como una especie de tributo para construir una pirámide.

El enfoque de investigación cuantitativa, ya que nuestro objetivo es recoger datos numéricos de las mediciones realizadas a las muestras del adobe. Los problemas que tienen una ruta cuantitativa pueden tener diversos propósitos, así como intenciones como estimar cantidades o probar hipótesis y teorías. (Hernández y Mendoza, 2018)

En relación al tipo de investigación es básica, ya que nuestra intención es generar nuevos conocimientos sobre la variable de estudio que la conservación preventiva a través del pH para la conservación preventiva en materiales constructivos.

En cuanto al diseño es no experimental en tal sentido no se busca la manipulación de la variable, y toma el dato de la muestra en un momento y espacio puntual. Cuando se trata de investigación no experimental no se establece ninguna situación para ver conducta alguna. (Hernández y Mendoza, 2018).

3. RESULTADOS Y DISCUSIONES

En cuanto a los resultados de la recolección de las muestras de adobe realizada en la etapa de campo, se determina a través del proceso estadístico un análisis descriptivo que permite interpretar toda información estadística.

Tabla 1.

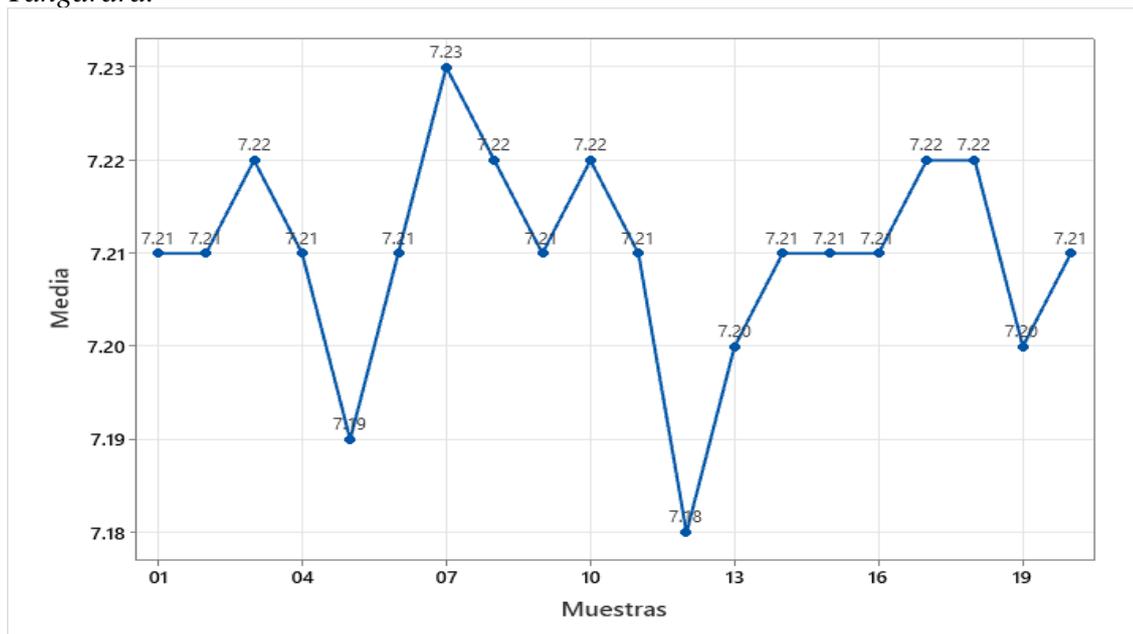
Análisis de media del pH resultado de las muestras de adobe extraídas del sitio arqueológico Tangarará.

Variable	N	N*	Media	Desv.Est.	Mínimo	Máximo
Media	20	0	7.2100	0.0112	7.1800	7.2300

Como se puede observar en el resultado tenemos una media de 7.21ph de las muestras del adobe de origen Tallán que se utilizaron para análisis, y por tanto se determina con una tendencia de pH básico o alcalino.

Figura 7.

Comportamiento del pH en las muestras de adobe Tallán extraídas del sitio arqueológico Tangarará.

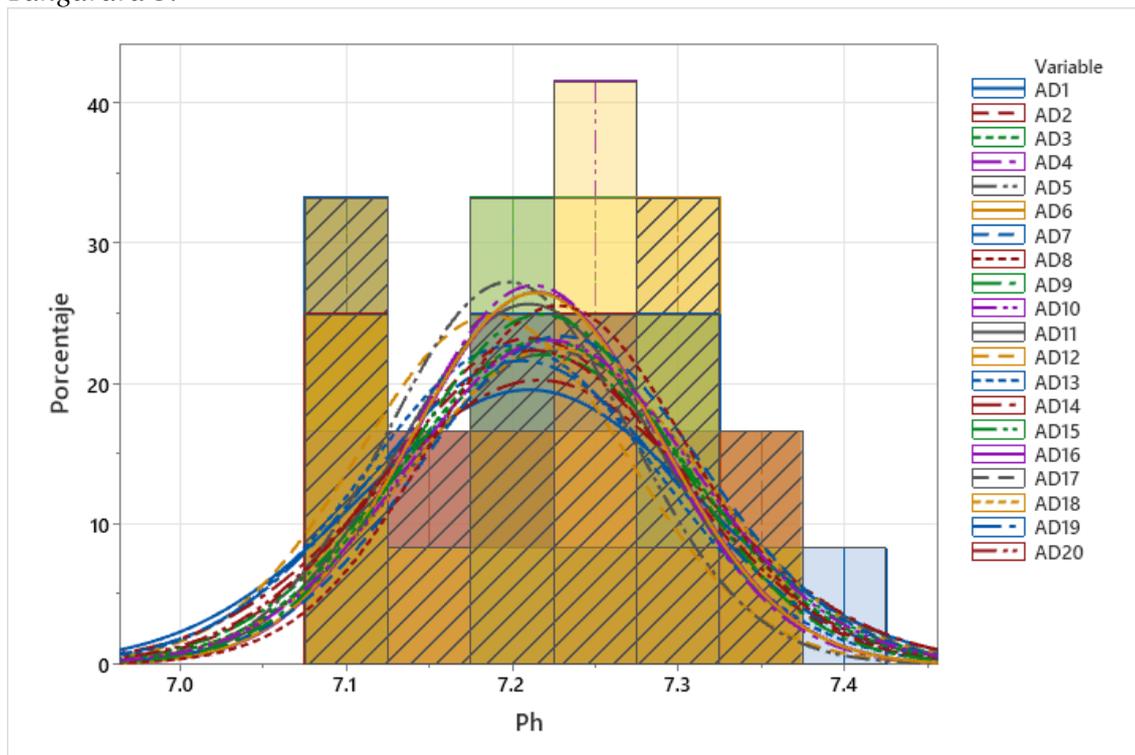


Como se puede observar en la serie de tiempo se determina la tendencia de la media de las muestras que tiene como resultado 7.21 que se puede indicar que nos encontramos ante un pH ligeramente alcalino.

La presencia de alcalinidad en el material constructivo de adobe es un indicador que permite interpretar que existe resistencia al tiempo y a los fenómenos naturales como lluvia y humedad que con frecuencia afectan de forma física a los adobes a través de fisuras, corrosión entre los efectos más frecuentes.

Figura 8.

Distribución del pH en las muestras de adobe Tallán que fueron extraídas del sitio arqueológico Tangarará 3.



Como se puede observar en la distribución de los datos relacionados al pH de las muestras de adobe existe una tendencia de campana al 7.21 que se determina como un pH alcalino que impide la percolación o lixiviación del agua y se mezcla que material de adobe.

En cuanto a los análisis realizados del adobe debemos indicar que se realizó cultivo de las muestras seleccionadas a través de un análisis cualitativo para determinar presencia de microorganismos.

Figura 9.

Resultados del análisis cualitativo del cultivo de muestra de adobes Tallán del sitio arqueológico Tangarará 3.



Nota. Resultado del cultivo de microorganismo que están presentes en los adobes Tallanes.

Como se puede observar en la figura 9 determinamos a través del cultivo en placa Petri presencia de microorganismos como es hongo en los adobes Tallanes que forman parte de la muestra.

En relación a los trabajos con resultados sobre medición del pH existen ciertas condiciones de asemejan y en otros casos difieren con los resultados en materiales arquitectónicos como es el adobe. Así también tenemos presencia de agentes biológicos que forman parte de la muestra.

En relación al trabajo de Puy et al (2022) sobre investigaciones de comparación de adobes prehispánicos y coloniales en construcciones de México. Que a nivel de presencia de elementos químicos tenemos presencia de Na_2O (óxido de sodio) 5.04% adobe agrícola 6.97% y adobe minero 3.45%. A diferencia de nuestra investigación tenemos que los resultados de las muestras arrojan un pH de 7.21 que se considera alcalino favoreciendo a la conservación del adobe en el tiempo, y se determinó presencia de microorganismos.

En relación al trabajo de Gama et al (2012) sobre arquitectura de tierra sobre adobe como material constructivo. Recolecta seis (06) muestras de adobe donde se desarrolla análisis del pH con resultados de alcalinidad. En cuanto a nuestra investigación a través de la toma de veinte (20) muestras adobe Tallán encontramos como resultado un pH ligeramente alcalino hecho que favorece a que los materiales puedan desarrollar resistencia a los fenómenos naturales como lluvias, humedad entre otros.

Finalmente, en relación al trabajo de Rivera (2012) sobre el adobe en el sistema constructivo de tierra cruda. Mediante la caracterización física del adobe determino un pH 5.0 que se interpreta como ácido, y además el material presencia de sodio (Na) del 0.57%. En cuanto a nuestra investigación de las muestras de adobe se determinó un pH básico o alcalino del 7.21 que permite

a los adobes tener resistencia al agua, y puede enfrentar a la inclemencia del tiempo, así también se determina presencia de hongos.

4. CONCLUSIONES

En cuanto a las conclusiones del trabajo relacionado al estudio del pH en adobes Tallánes del sitio arqueológico Tangarará 3 ubicado en el centro poblado de San Miguel de Tangarará, distrito de Marcavelica, provincia de Sullana tenemos identificado unaa tendencia del pH. En cuanto a los adobes que se identifican y que son parte de la arquitectura determinamos las medidas de 30x30x10 siendo un adobe que permitió la estabilidad arquitectónica.

Los suelos alcalinos con frecuencia están ubicados en tierras áridas, y materiales calizos acumulando sodio (Na) tienen la propiedad de evitar la absorción del agua, y por otro lado los suelos ácidos son proclives absorber el agua. En cuanto al aumento o disminución del pH en la tierra va depender de alcalinidad del agua, cal, y reacciones acidas.

Los materiales del suelo que se mezclan para hacer adobes con cierta frecuencia contienen microorganismos, y a su vez estos sirvieron para construir viviendas, edificios administrativos y edificios religiosos en el antiguo Perú. El uso del adobe está presente en épocas prehispánicas en construcciones conjuntamente con mortero de barro que se combina también con otros materiales como rocas y algunas fibras vegetales.

En el transcurso del tiempo las antiguas culturas peruanas usaron como material de construcción diversos tipos de tierra esto promovió conocimiento sobre la construcción dando orientación sobre características y composición de los suelos. Es importante tener en cuenta que a partir de 1492 se desarrolla en el continente americano nuevas técnicas, modelos y materiales que van a complementar nuevas formas arquitectónicas. Es así que el adobe se mantiene como un material popular y de alguna manera se mantiene en el tiempo.

La identificación del pH es importante en la medida que es un indicador para toma de las decisiones de intervención en la conservación preventiva del adobe ya que no solo es necesario determinar componentes sino también es de vital importancia saber sobre potencial hidrogeno (pH).

El material de adobe a través del análisis de pH se determinó que tiene 7.21 que se determina como básico o alcalino, a nivel de suelo se conoce que cuando un suelo es alcalino existe mayor probabilidad que el agua no se percole o lixivie evitando humedad o en su defecto mezcla del agua con el suelo.

La presencia de suelos ácidos y alcalinos permiten tener materiales constructivos que el hombre comienza a diferenciar para uso, ya que edificar una arquitectura requiere de una distribución espacial y materiales que deben ser resistentes en el tiempo. A través de la observación directa se determina que no todos los sitios arqueológicos edificados en adobe presentan una conservación en sus materiales constructivos, el deterioro del adobe puede estar asociado al uso de tierras acidas que permiten que exista percolación de aguas producto de lluvias o fenómenos atmosféricos como lloviznas y humedad relativa [HR].

En cuanto al cultivo para determinar presencia de microorganismos en las muestras de adobe Tallán existiendo hongos que habitan en el interior del adobe hecho que nos permite seguir profundizando en futuras investigaciones.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bedoya, C. (2017). Construcción de vivienda sostenible con bloques de suelo cemento: del residuo al material. *Revista de Arquitectura*, 20 (1) 62-70. <http://dx.doi.org/10.14718/RevArq.2018.20.1.1193>
- Beretta, A. Bassahun, D. Musselli, R. y Torres, D. (2015). Medicación de ph en suelo con papel reactivo. *Revista Agroindustria Uruguay*, 19 (2) 68-74
- Burbano, H. (2017). La calidad y salud del suelo influye sobre la naturaleza y sociedad. *Revista Tendencias*, 18 (1) 118-126
- Calderón, M. (2008). Conservación preventiva de documentos. *Revista Bibliotecas*, 26 (2) 1-9. https://repositorio.una.ac.cr/bitstream/handle/11056/19570/conservacionpreventivadocumentos_mcalderon.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Cardoso, C. Castillo, M. y Hernández, C. (2014). Sosteniendo al Turismo o Turismo sostenible (TS). *Revista Estudios y Perspectivas del Turismo*, 23, 376-395
- Castro, H. Gómez, M. Munévar, O. y Hernández, D. (2006). Diagnóstico y control de la acidez en suelos sulfatados ácidos en el distrito del Alto Chicamocha (Boyacá) mediante pruebas de incubación. *Revista Agronomía Colombiana*, 24 (1) 122-130
- Catalán, E. (2013). Evolución de criterios en la conservación y restauración de cerámicas; intervenciones antiguas versus nuevas intervenciones. *Revista Anales del Museo de América* 21, 242-252.
- Cornejo, M. Bisetti, C. Huarcaya, C. y Robles, C. (2023). Aproximaciones al horizonte tardío en los valles de Supe y Huaura: Caral, Chimú Capac y Acaray. *Revista Arqueología y Sociedad*, 38, 155-182 <https://doi.org/10.15381/arqueolsoc.2023n38.e24899>
- Hernández, R. y Mendoza, C. (2018). Metodología de la investigación, las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta. México: McGraw Hill
- Gama, J. Cruz, T. Pi, T. Alcalde, R. Cabadas, H. Jasso, C. Diaz, J. Sánchez, S. López, F. y Vilanova, R. (2012). Arquitectura de tierra: el adobe como material de construcción en la época prehispánica. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 64 (2) 177-188
- García, Y, Ramírez, W. y Sánchez, S. (2012). Indicadores de la calidad de los suelos: una nueva manera de evaluar este recurso. *Revista Pastos y Forrajes*, 35 (2) 125-138
- Gonzalez, D. (2024). Arqueología molecular para conservación preventiva; lesiones físicas y biológicas de cerámicas Museo de Sullana 2023. *Revista Yachaq*, 7 (1) 60-73 <https://doi.org/10.46363/yachaq.v7i1.3>
- 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 <https://doi.org/10.15381/arqueolsoc.2021n34.e14136>

- Gonzalez, D. (2020). Modelo hidráulico virreinal utilizado en el centro histórico de Lima para abastecimiento de agua. *Revista DEVENIR*, 7 (14) 91-106 <https://doi.org/10.21754/devenir.v7i14.811>
- Guichen, G. (1999). Preventive conservation: a mere fado or far-reaching change? [Archivo PDF]. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000114933>
- Puy, M. Ordaz, V. Cruces, O. Bello, A. Miranda, R. Salazar, M. Carreño, G. Zanon, G. y Li, Y. (2022). Estudio comparativo de adobes prehispánicos y coloniales en México. Inferencias preliminares sobre los efectos de la distribución granulométrica y materiales reciclados en el estado de conservación de la arquitectura de tierra. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 74 (3) 1-23 <https://doi.org/10.18268/bsgm2022v74n3a010422>.
- Rivera, J. (2012). El adobe y otros materiales de sistemas constructivos en tierra cruda: caracterización con fines estructurales. *Revista Apuntes*, 25 (2) 164-181
- Tarbucks, E. y Lutgens, F. (2005). *Ciencias de la Tierra, una introducción a la geología física* (8 Ed). Madrid: Pearson Educación.
- Zupan, V. (2005). Manual de conservación preventiva de material arqueológico In Situ. [Archivo PDF]. <https://repositorio.cultura.gob.pe/bitstream/handle/CULTURA/229/MANUAL%20DE%20CONSERVACION%20PREVENTIVA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Revista Científica de la UNF - Aypate

Descripción de metodologías de Machine Learning (ML) para la identificación de actividades a través de reconocimiento de patrones.

Description of Machine Learning (ML) methodologies for the identification of activities through pattern recognition.

Carlos Enrique Oballe Neyra¹, Xiomara de los Milagros Masias Rugel², Cristhian Nicolás Aldana Yarleque³

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

RESUMEN

La aplicación de modelos de Machine Learning (ML) es cada vez más frecuente para la implementación, automatización y sistematización de procesos. No obstante, los modelos y técnicas disponibles en la literatura y desarrollo actual están diseñados para un mejor rendimiento, ya sea para potenciar la evaluación y clasificación de datos etiquetados, o la probabilidad de clasificar clústeres correctamente. El primero induce a mejorar la precisión en la evaluación de clasificación, ya que no se preocupa por el etiquetado, mientras que el segundo intenta mejorar la clasificación en datos que no están etiquetados. Debido a las ventajas y desventajas según la eficiencia de estos enfoques al uso extenso de datos, se usan modelos híbridos para maximizar la precisión en la clasificación, y en particular, el presente estudio realizó un análisis de cuatro enfoques ML de aprendizaje supervisado, implementado por la aplicación de algoritmos para seguir de cerca los procesos y comprender cada problema. Los resultados arrojaron una precisión variable entre 30% a 50% y una menor de modelos no supervisados.

Palabras claves: ML, aprendizaje semi-supervisado, clasificación, etiquetado.

ABSTRACT

The application of Machine Learning (ML) models is becoming more and more frequent for the implementation, automation and systematization of processes. However, the models and techniques available in the literature and current development are designed for better performance, either to enhance the evaluation and classification of labelled data, or the probability of classifying clusters correctly. The former induces improved accuracy in classification evaluation, as it does not care about labelling, while the latter attempts to improve classification in data that is not labelled. Due to the advantages and disadvantages according to the efficiency of these approaches to the extensive use of data, hybrid models are used to maximize accuracy in classification, and in particular, the present study conducted an analysis of four ML approaches of supervised learning, implemented by the application of algorithms to closely follow the processes and understand each problem. The results showed a variable accuracy between 30% and 50% and a lower accuracy of unsupervised models.

Keywords: ML, semi-supervised learning, classification, labelling.

¹ Instituto de Investigación en Economía y Eficiencia Productiva, Universidad Nacional de Frontera, Email: 2014101053@unf.edu.pe, <https://orcid.org/0009-0008-9600-0967>, Sullana, Piura, Perú.

² Instituto de Investigación en Economía y Eficiencia Productiva, Universidad Nacional de Frontera, 2019101034@unf.edu.pe, <https://orcid.org/0000-0001-5254-1165>, Sullana, Piura, Perú.

³ Instituto de Investigación en Economía y Eficiencia Productiva, Universidad Nacional de Frontera, caldana@unf.edu.pe, <https://orcid.org/0000-0002-6890-5370>, Sullana, Piura, Perú.

1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, el avance de la automatización de los procesos se ha generalizado en varias áreas de trabajo, desde mejorar la condición humana a través de soportes de dispositivos robóticos, actividades automáticas para procedimientos quirúrgicos o de suministro de medicina, hasta la implementación de sensores para rastrear patrones para mejorar la ergonomía en la actividad de los procesos de las fábricas.

Es así que, dentro de la investigación del reconocimiento de la actividad humana, este se ha tratado como un problema de reconocimiento de patrones el cual a avanzado por el continuo uso de algoritmos aplicado al aprendizaje automático, (Lara y Labrador, 2012). No obstante, el uso del método de aprendizaje como Decision Trees, Support Vector Machines (SVM), Hidden Markov Models entre otros, pueden ser satisfactorias en ciertos escenarios mientras que en otros traen consigo una serie de desventajas (Wang et al., 2019), ya que, para realizar una extracción de características adecuadas en entornos complejos y tareas generales, la dificultad de construir un sistema de reconocimiento de actividades aumenta (Bengio, 2013). Esto implica que solo se puedan aprender características muy superficiales (Yang et al., 2015) es decir actividades de bajo nivel como correr o caminar (Yang, Q., 2009), asimismo, el reconocimiento de patrones suele necesitar una gran cantidad de datos correctamente etiquetados para un buen entrenamiento del modelo, sin embargo, la mayoría de los datos de actividades en el contexto real no están etiquetados, lo que provoca disminución en el rendimiento de los modelos (Bengio, 2013) y por ende obligan a usar modelos de aprendizaje no supervisado los cuales presentan menor precisión en clasificación para una gran cantidad de datos.

En este estudio, se explicará la forma del preprocesamiento y procesamiento de los datos obtenidos, con el objetivo de realizar un análisis sobre algunos métodos muy usados para predicciones sobre un conjunto de datos de entrada que identifique correctamente la clase de la actividad real, pero sobre todo, crear las condiciones para que estudios con problemas en el procesamiento y predicción de modelos usando Machine Learning para el reconocimiento de patrones, tengan un nuevo contexto de ML aplicado que pueda facilitar la comprensión del uso de un método de aprendizaje semi-supervisado novedoso, a través de la explicación de dicho método de aprendizaje profundo el cual fue llevado en paralelo con la implementación del modelo por medio de cuatro enfoques.

Para la aplicación del preprocesamiento y procesamiento de data, se adaptó el algoritmo implementado para el reconocimiento de la actividad humana del trabajo fin de Máster, Aplicación del aprendizaje profundo al reconocimiento de la actividad humana (Piqueras, 2020). Donde se utilizó un subconjunto de datos medidos por sensores (acelerómetro, giroscopio, magnetómetro, orientación por cuaterniones), con datos provistos y facilitados para fines académicos y científicos, explicados técnica y detalladamente en el Dataset Manual Realistic sensor displacement benchmark dataset (Baños et al, 2012).

2.METODOLOGIA

2.1. Enfoques

El análisis se aplicó a 4 enfoques de Machine Learning dentro del aprendizaje supervisado: Fully Connected Deep Neural Network (FCDNN), Long Short – Term Memory, Convolutional Neural Network + Long short – Term Memory y Convolutional Long Short – Term Memory. Los enfoques mencionados son comúnmente utilizados para aprender patrones complejos. Sus diseños incluyen una capa de entrenamiento conformada por un conjunto de neuronas que se ocupan de tomar individualmente particularidades diferentes, las cuales son aprendidas a través de la identificación de patrones en las siguientes capas, configuradas con una función de activación determinada para el propósito en cuestión, responsable de manejar la no linealidad y resolver problemas complejos a diferencia de otros modelos de clasificación.

Asimismo, dentro del aprendizaje no supervisado se analizaron algunos enfoques de Machine learning; estos incluyeron el método de los k vecinos más cercanos (K Nearest Neighbors, KNN), árbol de decisión (Decision Trees), clasificadores Bayesianos Ingenuos (Naive Bayes) y Random Forest.

Por último, dentro del aprendizaje semi-supervisado se analizaron métodos como Support Vector Machines (SVM), Análisis de Componentes Principales (PCA) y un novedoso desarrollo dentro de la categoría del semi-supervisado con características de aprendizaje reforzado conocido como Hierarchical Extreme Learning Machine (HELM) desarrollado por Yao et al., (2018).

2.2. Preprocesamiento

El preprocesamiento de los datos recopilados en bruto es la parte más importante del proceso completo de clasificación por medio de aprendizaje de patrones con inteligencia artificial, esto se debe a que los datos que el sensor registra incluyen ruidos por la sensibilidad del propio sensor, errores mecánicos y eléctricos, fallas en la batería, entre otros. Los algoritmos y resultados analizados, fueron previamente computarizados en tiempo real para aumentar un mejor rendimiento al relacionar las actividades y los datos obtenidos a través del pre-procesamiento de la data almacenada y etiquetamiento, usando el software CRN Toolbox, (Baños et al., 2012).

A pesar de la existencia de limitaciones en el acceso del método que usa CRN Toolbox, se describe este concepto como un repositorio de software de componentes parametrizables incluyendo dispositivos de lectores y escritores I/O, filtros, componentes para dividir, y mezclar data, así como sincronización de flujo de data, editor para especificación de data y configuración de componentes y un espacio para temporizar la ejecución de configuración de componentes de software, entre otras herramientas externas que se comunican con el temporizador que sirve para que los datos recopilados sean pre-procesados en tiempo real a la clasificación para su procesamiento, (Bannach et al., 2008).

Mencionado preliminarmente, los datos se preprocesaron para eliminar alguna irregularidad en los datos y tener un mejor manejo al ser escalados y normalizados, existen varias técnicas para escalar los datos, estos son transformación lineal entre 0 y 1 desarrollado por Lapedes et al. (1988), Transformación lineal entre números límites desarrollado por Srinivasan et al., (1994) y la normalización simple desarrollado por Lachtermacher et al., (1995). La elección del tipo de transformación dependerá de la volatilidad de los datos recopilados, pues si estos presentan altas variaciones, sería recomendable usar la transformación entre 0 y 1, mientras que para datos menos volátiles sería entre números límites o el simple para evitar que se vuelva muy lineal y se

pierdan patrones muy importantes. Dado que los datos serán procesados en los modelos mencionados, estos deben estar organizados para que encajen a los requerimientos de los modelos, por eso, estos son concatenados por filas, divididos como entrenamiento y prueba y seccionados por ventanas deslizantes que permita mostrar un patrón en conjunto con las etiquetas definidas y relacionadas previamente con los datos de entrada. En este artículo se implementó un conjunto de funciones que fueron creadas para navegar entre en el escritorio en cuestión y se pueda manejar las hojas de cálculo (EXCEL) como un todo, para dar como resultado cada requerimiento de los modelos. Este implemento se desarrolló como complemento con el fin de comprobar algunos métodos usados y encaminar la comprensión a detalle de los métodos empleados.

2.3. Procesamiento y modelado

En el procesamiento se definieron el número de datos tomados por cada ventana deslizante, (72 como ejemplo a diferencia de 200 tomado por Piqueras (2020)), así como los hiperparámetros los cuales son ajustados y pueden ser modificados para la precisión de los modelos. Asimismo, los modelos son definidos y configurados con parámetros necesarios para el aprendizaje, entre ellos: “filters”, “kernel_size”, “activation”, “Flatten”, “Dense” etc. Después los modelos son configurados al tipo de entrenamiento apropiado para el caso, se define el tipo de pérdida “loss”, la optimización “optimizer”, y métricas “metrics” para la precisión.

Una vez configurados, los modelos son ajustados y entrenados únicamente en base a los datos seleccionados para entrenamiento, el cual muestra gráficamente la evolución de las pérdidas por entrenar y la precisión. Por último, se crean las variables de predicción en cada modelo para que capture, a través de funciones predeterminadas del modelo, la etiqueta o valor en un nuevo subconjunto de datos como entrada las cuales vienen de la división inicial de los datos tomados como prueba, y el modelo es evaluado por su precisión a través de la etiqueta que predice y la que está registrada en la base de datos de prueba.

En el caso de los modelos no supervisados como los K vecinos más cercanos KNN o PCA, los datos son separados en “clusters” o grupos los cuales son enumerados o clasificados, dicha clasificación es definida por el autor, en este caso 33 actividades, dándole el número 33 a un objeto de clasificación de KNN y creando 33 dimensiones para PCA o SVM. En estos modelos también se aplican hiperparámetros de filtrados, normalización, pero la minimización de pérdidas “loss” es diferente, ya que utilizan la métrica de la distancia euclidiana, Manhattan y Minkowski. Dado que se busca predecir clasificaciones de inputs no etiquetados, los resultados, aplicando los modelos no supervisados, arrojaron predicciones inestables en el presente artículo, esto se debe a que el modelo solo se guía por los patrones para determinar el error de clasificación o agrupación de manera que el cluster seleccionado fue impreciso.

2.4. Modificaciones del algoritmo de aprendizaje supervisado

A diferencia del algoritmo de Piqueras (2020), varias modificaciones fueron hechas a lo largo del algoritmo. En primer lugar, se hizo una pequeña modificación en la primera función, definida para navegar por el escritorio personal y no en el laboratorio virtual de Google Colab con acceso a Google Drive como en el algoritmo original.

Otra modificación surge de la idea de predecir o identificar datos que serán recolectados en el futuro. Debido que el arreglo inicial del algoritmo original se hizo para predecir un subconjunto aleatorio de datos tomados como prueba, la predicción de las etiquetas se hace solo a datos que

están etiquetados (aprendizaje supervisados). En el presente algoritmo la modificación implica la creación de un archivo Excel adicional donde se registre nuevos valores que los sensores registren en el futuro, la entrada de datos en el algoritmo también se alimentará de este nuevo archivo el cual será preprocesado, no obstante, los datos que se tomarán como prueba no será de forma aleatoria sino, serán los datos de este nuevo archivo y el cálculo para el total de datos de prueba está definida por el cociente del total de los datos futuros sobre el total de los datos recolectados.

A pesar que los modelos mencionados (mayormente en aprendizaje supervisado) están enteramente diseñados para evaluar su precisión de valores etiquetados o clasificados completamente registrados, para este algoritmo se pretende forzar la predicción de valores que no están clasificados y resolver el problema de la identificación remota de movimientos por sensorización. Para hacerlo, se registra intencionalmente etiquetas erróneas a los datos de prueba ya que no hay etiquetas, para que el algoritmo arroje en código binario su predicción en base a los datos entrenados. La modificación se hace a través de un bucle que extraiga las predicciones de etiquetas los cuales pueden ser verdaderos positivos, verdaderos negativos, etc.

Por lo general existen desventajas o riesgos en disminuir la precisión del modelo al no estar adaptado para este planteamiento, no obstante, obtendremos un nivel de confianza (en porcentaje) para cada valor o etiqueta del primer grupo de etiquetas arrojado por los modelos como predicción. Luego cada etiqueta o valor de clasificación obtenido reemplazarán las etiquetas erróneas registradas intencionalmente y se evaluará nuevamente para observar la precisión con estas nuevas etiquetas a través de otro bucle y el modelo predecirá un segundo grupo de etiquetas con sus respectivos niveles de confianza, y este proceso se iterará n veces hasta que la precisión de los modelos y nivel de confianza de las etiquetas converjan a niveles altos.

Se ha adoptado este planteamiento con la intención de mejorarlo a través de la inclusión y/o combinación de modelos no supervisados como K-Nearest Neighbor Classifier o K-means, a pesar de demostrar ser menos precisos por la no linealidad.

Como resultado de la utilización del algoritmo de aprendizaje supervisado por los 4 enfoques modificado, se halló que aún existe una baja precisión entre 30% y 50%, lo cual indica una mejora que cualquier técnica de aprendizaje no supervisado, pero baja. Una de las causas es porque se controlaron los datos que fueron divididos "Split" para entrenamiento y predicción, los cuales no se mezclaron y dificultó la mejora del rendimiento en el aprendizaje por patrones, trayendo consigo disminuciones considerables en la precisión de las nuevas predicciones. Otra causa importante fue que aun sin la modificación del "Split", tras la mejora considerable de la predicción al reducir el número de ventanas deslizantes a 72 para mejorar el aprendizaje patrón-tiempo, existían pocas actividades que no tenían una buena predicción por defecto, lo cual lleva al presente artículo a informar y dar continuidad con las demostraciones para mejorar ya que a que existe evidencia de mejoras en la precisión.

A pesar de las limitaciones, se espera que crezca el potencial de generar mayor precisión que incluso los modelos no supervisados y los semi-supervisados clásicos, ya que estos últimos, aunque sean apropiados para predecir valores fuera del rango supervisado, sus precisiones se ven afectada por el nivel de dimensionamiento o número grande de clasificaciones, donde los modelos supervisados tienen una mayor ventaja.

2.5. Descripción matemática de los modelos de aprendizaje supervisado

La mayoría de los modelos de aprendizaje supervisado orientan su mecanismo de aprendizaje de patrones a través de las siguientes expresiones. Primero se obtienen las predicciones continuas convertidas a predicciones binarias tal como se observa en la siguiente relación:

$$f(x_i) = \hat{y}_i = M(x_i),$$

$$i = 1, 2, 3, \dots N. \tag{1}$$

Donde M es la matriz de las predicciones realizadas por los modelos de clasificación, los cuales usan una función de pérdida de entropía cruzada categórica “Categorical Crossentropy” que evalúa la discrepancia entre las etiquetas reales y las predicciones de un modelo de clasificación múltiple cuya forma se presenta por medio de la siguiente expresión:

$$CC(y_{true}, y_{pred}) = - \sum_{j=1}^N y_{true,j} \cdot \log(y_{pred,j}) \tag{2}$$

N : es el número de clases

$y_{true,j}$: es la probabilidad real de la clase (j)

$y_{pred,j}$: es la probabilidad predicha de la clase (j)

Para la implementación del algoritmo del presente artículo, se argumentó que la validación se hace entre el valor predicho y el valor predicho anterior para obtener una predicción fuera del rango supervisado, de esta manera la ecuación queda expresada como:

$$CC(y_{i-1}, y_i) = - \sum_{j=1}^N y_{i-1,j} \cdot \log(y_{i,j}) \tag{3}$$

Con $f(x_i) = y_i$, donde y_{i-1} no necesariamente es la etiqueta real sino la predicción anticipada que es evaluado con una segunda predicción y_i , de tal forma que entre cada evaluación de predicciones se tiene un riesgo no controlado, el cual puede disminuir a través de la predicción promedio de los 4 modelos de clasificación y su nivel debe ser alto ante aumentos de la desviación de f debido a la existencia de una mayor incertidumbre en los modelos.

Después de ejecutar el modelo y obtener el último resultado de los cuatro enfoques implementados en este artículo al igual que el estudio de Piqueras (2020), en este artículo se extendió el proceso creando umbrales de evaluación para que el modelo genere predicciones incluyendo etiquetas erradas a los nuevos inputs. Estos llevaron a crear matrices de predicción binaria, con el fin de tener una predicción autónoma del modelo a través de un bucle donde el modelo prueba continuamente cada etiqueta con mayor probabilidad de ser la correcta. A continuación, se muestran algunos objetos creados y aplicados en el algoritmo después de la ejecución de los modelos y la obtención de los resultados:

- Umbral (Threshold): Primero, se define un umbral (en este caso, 0.5). Este umbral se utiliza para convertir las predicciones continuas en predicciones binarias. Si el valor de la predicción es mayor que el umbral, se clasifica como 1; de lo contrario, se clasifica como 0.

Revista Científica de la UNF - Aypate

- Predicciones Binarias: Luego, se aplica el umbral a las predicciones continuas (`y_test_predicted_conv1stm`). Si una predicción es mayor que 0.5, se asigna 1; de lo contrario, se asigna 0. Esto crea un conjunto de predicciones binarias.
- Impresión de Predicciones Binarias: a través de este objeto se imprime las predicciones binarias utilizando `print(predicciones_binarias)`.
- En esta parte del algoritmo, se toman las predicciones continuas de un modelo (como las salidas de una red neuronal) y las convierte en predicciones binarias utilizando un umbral específico. Esto es útil para problemas de clasificación en los que se desea establecer un límite para la decisión de clasificación.
- `rounded_predictions4`: a través de este objeto, se redondean las predicciones continuas (`y_test_predicted_conv1stm`) a valores enteros. Esto significa que si una predicción es mayor o igual a 0.5, se redondea a 1; de lo contrario, se redondea a 0. Estas predicciones redondeadas se almacenan en la variable `rounded_predictions4`.
- `precision4`: Luego, se calcula la precisión (accuracy) comparando las predicciones redondeadas (`rounded_predictions4`) con los valores reales del conjunto de prueba (`y_test_conv1stm`). La precisión mide qué tan bien el modelo clasifica correctamente las instancias. Es la proporción de predicciones correctas en comparación con el total de predicciones.

En resumen, este fragmento de código evalúa la precisión del modelo al comparar sus predicciones redondeadas con los valores reales.

2.6. Modelo de aprendizaje semi-supervisado (helm)

El modelo Hierarchical Extreme Learning Machine (HELM) desarrollado por Yao et al. (2018), Es un modelo de aprendizaje profundo de patrones utilizando una estructura de red profunda de autocodificadores implementado para extracción de características no supervisado, y luego generar un aprendizaje extremo de máquina con un método de regularización introducido a través de un modelo de entrenamiento semi-supervisado, el cual permite no solo extraer de manera profunda información que la data contiene, sino también aprender más de la data extra sin etiquetar.

La representación matemática del modelo se describe por las siguientes ecuaciones:

$$H_i = g(H_{i-1} \circ W_i) \quad (4)$$

Donde

H_i : es el output de las capas escondidas i

H_{i-1} : es le output de la capa escondida anterior ($i-1$).

W_i : son los pesos de las capas que están entre $i-1$ e i (la actual y la anterior)

Asimismo, se muestra la función de error a minimizar la cual se expresa como:

$$\hat{\phi} = \frac{1}{2} \sum_{i,j} u_{i,j} |\hat{y}_i - \hat{y}_j|^2 \quad (5)$$

De acuerdo a Yao, la introducción de un mecanismo de aprendizaje no supervisado adicional para determinar la distribución de las muestras, mejoraría el rendimiento de predicción del modelo. Por medio de la regularización múltiple, que se deriva del aprendizaje múltiple se obtienen la distribución de los datos con todas las muestras disponibles. Y en la construcción del modelo se asume que, similares muestras tanto en muestras etiquetadas:

Revista Científica de la UNF - Aypate

$$S_I = \{x_i, y_i\}_{i=1}^I \tag{6}$$

Como en muestras no etiquetadas:

$$S_u = \{x_i\}_{i=1}^u \tag{7}$$

Están lo suficientemente cerca, donde los datos más similares se incorporan en una misma distribución, la cual se pretende minimizar a través de la función de error.

\hat{y}_i, \hat{y}_j : son los outputs predichos respecto a x_i, x_j

$u_{i,j}$: es la similitud entre x_i y x_j

Estas ecuaciones nos dicen que, para cualquier input sin etiquetar, existe al menos un input con etiqueta que presenta características similares, de tal forma que pueden adoptar características similares y por lo tanto patrones comunes en la muestra total de datos después de la inclusión. Ante la incorporación de los inputs no etiquetados, se puede aprovechar el conocimiento aprendido de los datos etiquetados para usarlo en etiquetar los datos no etiquetados, además, los datos no etiquetados serán agrupados con datos etiquetados según sus similitudes de tal manera que minimice el error (mayor similitud entre el grupo de datos x_i y x_j) y se pueda identificar la etiqueta y correcta.

Para tal fin, según Yao los pasos a seguir son los siguientes:

Se seleccionan las variables de acuerdo al análisis teórico y experiencia del operador. Luego se determinan los grupos de datos a entrenar y a validar. Después, se normaliza la data, parámetros y coeficientes, luego se determina el número de capas y neuronas en cada capa para el modelo HELM. A continuación, se inicializa aleatoriamente los pesos de los inputs y neuronas escondidas que servirán de soporte para ponderar el entrenamiento automático multicapa que es el siguiente paso, basado en Extreme Learning Machine (ELM) con todas las muestras etiquetadas y sin etiquetar, del cual se obtendrá como siguiente paso las matrices de pesos para cada capa, los cuales serán necesarias para el paso del entrenamiento semi-supervisado (ELM) para la última capa y se obtenga el peso de salida, y en paralelo se construirá el modelo HELM tomando las ecuaciones como referencia para la predicción y evaluación del rendimiento y finalmente predecir la variable de etiqueta.

3.RESULTADOS

Entre los resultados hallados por Yao et al., (2018) se encontró que el modelo HELM registró el menor valor de error cuadrático RMSE para los datos de entrenamiento con 0.0029 de error y 0.0033 de error en datos de prueba en comparación con 4 modelos más, cuyos valores más altos fueron 0.0052 y 0.0057 de error en entrenamiento y prueba respectivamente.

Cabe resaltar que la inclusión de etiquetas erróneas para los nuevos inputs no etiquetados significó una reducción en el rendimiento en los parámetros del modelo para minimizar el error, lo que implicó un aumento en la inestabilidad de precisión en el testeo de los datos debido a la forzada utilización del proceso de prueba del modelo para predecir con los últimos inputs. Esto se tradujo en que la precisión de las clasificaciones correctas estuviera por debajo del 50%.

4. CONCLUSIONES

Existen varias metodologías dentro del campo de Machine Learning que se usan de acuerdo al tipo de datos, a la cantidad y éstas siempre tienen ventajas y desventajas sobre las otras. En el caso de aprendizaje de patrones para clasificar actividades, no existe aún una técnica concreta de aprendizaje artificial que permita superar los problemas con la precisión debido a diversos factores que influyen en la toma inicial de data, la cual es preprocesada con ruido por fallas en los sensores, similitud de los datos de diferentes actividades, entre otros vistos a lo largo del presente artículo. Aunque se percibió un aumento de precisión en el uso de los modelos supervisados en un 30% a 50% de precisión obtenido, estos suelen ser muy bajos para establecerlos como una clasificación verdadera, aun así, existe esta pequeña mejoría aun sabiendo que se controlaron hiperparámetros como el “Split” y la inclusión de etiquetas erróneas los cuales reducen el rendimiento de la precisión por no mezclar la data en su totalidad para entrenamiento y predicción, como consecuencia, se permitió ampliar las posibilidades de mejora del desarrollo del modelo implementado en el artículo en un futuro cercano dependiendo de la continuidad de la mejora del modelo.

Por último, el modelo de aprendizaje semisupervisado de Yao et al., (2018) incrementó la posibilidad de mejorar el modelo por medio de la minimización de una función de error que intente igualar los inputs etiquetados con los inputs no etiquetados dado que deberían encontrarse cercanos e incluidos en la misma distribución, aspecto clave para determinar la orientación del input no etiquetado a una posible etiqueta correcta. Este modelo usa un aprendizaje semi-supervisado para extraer información de los inputs no etiquetados a través de un aprendizaje extremo profundo el cual arrojó excelentes resultados en sus investigaciones.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bannach et al., (2008). Rapid Prototyping of Activity Recognition Applications. *IEEE Pervasive Computing*, 1-19.
- Baños et al., (2012). A benchmark dataset to evaluate sensor displacement in activity recognition. *In Proceedings of the 2012 ACM Conference on Ubiquitous Computing*, 1026-1035.
- Bengio. (2013). Deep learning of representations: looking forward. *International Conference on Statistical Language and Speech Processing*, 1-37.
- Lachtermacher et al., (1995). Backpropagation in time-series forecasting. *Journal of Forecasting*, 14, 381-393.
- Lapedes et al., (1988). How neural nets work In: Anderson (Ed), Neural Information Processing Systems. *American Institute of Physics*, 442-456.
- Lara, O., & Labrador, M. (2012). A survey on human activity recognition using wearable sensors. *IEEE communications surveys & tutorials*, 15(3), 1192-1209.
- Piqueras. (2020). Aplicación del aprendizaje profundo al reconocimiento de la actividad humana. *Máster Universitario en Inteligencia Artificial*. Valencia, España: Universidad Nacional de La Rioja (UNIR).
- Srinivasan et al., (1994). A neural network short-term load forecaster. *Electric Power System Research*, 28, 227-234.

-
- Wang et al., (2019). Deep learning for sensor-based activity recognition: A survey. *Pattern Recognition Letters*, 119, 3-11.
- Yang et al., (2015). Deep convolutional neural networks on multichannel time series for human activity recognition. *Twenty-Fourth International Joint Conference on Artificial Intelligence*.
- Yang, Q. (2009). Activity recognition: Linking low-level sensors to high-level intelligence. *Twenty-First International Joint Conference on Artificial Intelligence*.
- Yao et al., (2018). Deep learning of semisupervised process data with hierarchical extreme learning machine and soft sensor application. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 65(2), 1491-1498.

Escenarios de idoneidad agrícola para cultivos peruanos *Musa paradisiaca L.* y *Coffea arabica L.* con modelamiento EcoCrop-FAO-SIG, 2021-2040 y 2041-2060

Agricultural suitability scenarios for Peruvian crops *Musa paradisiaca L.* and *Coffea arabica L.* with EcoCrop-FAO-GIS modelling, 2021-2040 and 2041-2060

Cristhian Nicolás Aldana Yarlequé¹, Carlos Adrián Lecarnaqué Arevalo, Wilmer Moncada Sosa; Gustavo Adolfo Mendoza Rodríguez; Luis Ramón Trelles Pozo.

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

RESUMEN

El análisis de idoneidad agrícola-ambiental contribuye a una adecuada planificación del uso y distribución de tierras y agricultura sostenible. Mediante escenarios futuros de idoneidad agrícola 2021-2040 y 2041-2060 para cultivos peruanos *Musa paradisiaca L.* y *Coffea arabica L.*, se evaluó si las condiciones agroclimáticas entre 1970-2000, rangos marginales y óptimos de temperatura, precipitación, periodo de crecimiento a partir de días de germinación Gmin y Gmax, son adecuados en una dinámica espacio-temporal. El modelo EcoCrop-FAO e información SIG extraída de WorldClim y procesada con QGIS, generó mapas de distribución espacial a partir de datos agroclimáticos-ambientales; obteniendo tres índices de salida, idoneidad del cultivo respecto a la temperatura (Tsuit), idoneidad del cultivo respecto a la precipitación (Rsuit) y el Índice de idoneidad futura del cultivo (SUIT). El cultivo del *Coffea arabica L.* (café) en Amazonas, San Martín y Junín conservarían su idoneidad agrícola al 2040 con un grado de idoneidad óptima mayor al 83%; mientras que, Piura con un SUIT menor al 17% dejaría de tener condiciones climáticas óptimas para el desarrollo de dicho cultivo. La idoneidad de la *Musa paradisiaca L.* (banano), presentaría condiciones favorables para su desarrollo, siendo Loreto quien mayor presencia de áreas con cambios positivos.

Palabras clave: Productividad, rendimiento, agroclimático, prospectiva productiva, análisis espacio-temporal

ABSTRACT

The analysis of agricultural-environmental suitability contributes to adequate planning of land use and distribution and sustainable agriculture. Using future agricultural suitability scenarios 2021-2040 and 2041-2060 for Peruvian crops *Musa paradisiaca L.* and *Coffea arabica L.*, it was evaluated whether the agroclimatic conditions between 1970-2000, marginal and optimal ranges of temperature, precipitation, growing period at from germination days Gmin and Gmax, are suitable in a space-time dynamic. The EcoCrop-FAO model and GIS information extracted from WorldClim and processed with QGIS, generated spatial distribution maps from agroclimatic-environmental data; obtaining three output indices, crop suitability with respect to temperature (Tsuit), crop suitability with respect to precipitation (Rsuit) and the Future Crop Suitability Index (SUIT). The cultivation of *Coffea arabica L.* (coffee) in Amazonas, San Martín and Junín would retain its agricultural suitability by 2040 with a degree of optimal suitability greater than 83%; while, Piura with a SUIT less than 17% would no longer have optimal climatic conditions for the development of said crop. The suitability of the *Musa paradisiaca L.* (banana) would present favorable conditions for its development, with Loreto having the greatest presence of areas with positive.

Keywords: Productivity, yield, agroclimatic, productive prospective, spatio-temporal analysis.

¹ Instituto de Investigación en Economía y Eficiencia Productiva, Universidad Nacional de Frontera, caldana@unf.edu.pe, <https://orcid.org/0000-0002-6890-5370>, Sullana, Piura, Perú.

1. INTRODUCCIÓN

Actualmente los agricultores enfrentan muchos riesgos frente a los efectos adversos del cambio climático, como plagas, enfermedades y cambios en los precios de los cultivos (Mulder et al., 2019, Thompson et al., 2018), siendo el cambio climático uno de los mayores desafíos que enfrenta la humanidad en la actualidad, y tiene implicaciones significativas para nuestro futuro. Según el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC), el aumento de la temperatura global es "inequívoco" y la acción humana es la principal causa de este fenómeno (IPCC, 2014).

El cambio climático se manifiesta a través de una serie de impactos, incluyendo el aumento del nivel del mar, la acidificación de los océanos, la disminución de los glaciares y el cambio en los patrones de precipitación y temperatura (IPCC, 2014). Estos impactos tienen consecuencias significativas para la biodiversidad, la seguridad alimentaria, la salud humana y el desarrollo sostenible. A pesar de los esfuerzos internacionales para abordar el cambio climático, la situación sigue siendo preocupante. Según la Organización Meteorológica Mundial (OMM), el año 2020 fue uno de los tres años más cálidos registrados en la historia, y la temperatura media mundial ha aumentado en más de 1°C desde la era preindustrial (OMM, 2021). Tal es así que, el aumento de la temperatura global, las sequías y las inundaciones son algunos de los efectos del cambio climático que pueden tener graves consecuencias económicas (UNEP FI, 2021) y sociales a nivel mundial (Stern, 2006).

Algunos autores han evidenciado que a nivel mundial el sector agrícola podría sufrir efectos adversos progresivos de rendimiento y producción en los próximos cien años (IPCC, 2021; Thornton, 2014; Lobell, 2011). Tal es así que, ante ello se vienen dando adaptaciones a este tipo de cambios graduales en las condiciones climáticas medias locales; sin embargo, es necesario una mejor comprensión de los impactos de los extremos climáticos en la producción agrícola (Iles et al., 2016; Zampieri et al., 2017), de tal manera que, se puedan prever importantes implicaciones para la salud humana y la nutrición (Myers et al., 2014); ya que, existe evidencia científica sobre los impactos del cambio climático en la salud humana, teniendo la necesidad de adaptarse a los efectos del cambio climático (Kjellstrom y Weaver, 2009), especialmente en los países más vulnerables (Campbell-Lendrum, D et al., 2007).

La sequía, como fenómeno meteorológico extremo, es una de las principales limitaciones climáticas para el rendimiento de los cultivos (Iles et al., 2016). Además, la productividad de los cultivos disminuirá en algunas regiones debido a las condiciones climáticas más adversas, lo que puede afectar negativamente la economía y la seguridad alimentaria en esas áreas (Schlenker & Roberts, 2009). Es vital que los investigadores consideren importante el estudio de la idoneidad agrícola en función del cambio climático (Bjørn Møller et al., 2021), pues la agricultura cumple un rol fundamental en la seguridad alimentaria. El cambio climático además de afectar la producción y rendimiento, también está afectando la calidad de los cultivos, con la aparición de problemas como la disminución del contenido de nutrientes y el aumento de las toxinas en los alimentos.

El suelo y/o la tierra de diversas zonas geográficas no poseen la misma adecuación para los cultivos, por ello, el desarrollo de modelamientos espaciales para evaluar la idoneidad de la tierra integrando diferentes técnicas de sistemas de información geográfica (SIG), diversos requerimientos agroclimáticos como materia orgánica, índices de calidad puede brindar información relevante (El Baroudy, 2016) que permita desarrollar acciones estratégicas que protejan los recursos hídricos, tierra y así implementar sistemas agrícolas sostenibles (Han et al., 2021). Existen diferentes enfoques de evaluación de la idoneidad de la tierra (Taghizadeh-Mehrjardi et al., 2020), entre ellos el enfoque de la Organización para la Agricultura y la Alimentación (FAO) denominado modelo ECOCROP (Requerimientos de cultivos ecológicos)

(De Rhys et al., 2020) (Remesh et al., 2019), que se aplica en la evaluación de la idoneidad de la tierra, el cual contiene una base de datos global de cultivos disponible relacionada a diferentes parámetros ambientales denominados requerimientos agroclimáticos que intervienen en el análisis de la productividad de cultivos (FAO, s.f.), permitiendo predecir el comportamiento del clima en una determinada zona.

Por otro lado, la aplicación de técnicas de evaluación multicriterio para el desarrollo de modelos de idoneidad de la tierra acompañadas con SIG, permiten obtener información espacial a partir de la implementación de mapas temáticos de idoneidad que evidencian que regiones son adecuadas para determinados cultivos en el futuro de manera sostenible (Emre et al., 2020).

De lo anteriormente descrito, se ha evidenciado que, existen limitada evidencia científica relacionada a la idoneidad de la tierra con la producción de cultivos como la *Musa paradisiaca L.* y *Coffea arabica L.*; en tal sentido y teniendo en cuenta que el análisis de idoneidad agrícola-ambiental contribuye a una adecuada planificación del uso y distribución de tierras y agricultura sostenible a partir del desarrollo de escenarios futuros de idoneidad agrícola; la presente investigación propuso evaluar para los periodos temporales del 2021-2040 y 2041-2060 si las condiciones agroclimáticas entre 1970-2000, rangos marginales y óptimos de temperatura, precipitación, periodo de crecimiento a partir de días de germinación G_{min} y G_{max} , son adecuados en una dinámica espacio-temporal. Para ello, se trabajó con el modelo EcoCrop-FAO e información SIG extraída de WorldClim y procesada con QGIS, generando mapas de distribución espacial a partir de datos agroclimáticos-ambientales; obteniendo tres índices de salida, idoneidad del cultivo respecto a la temperatura (Tsuit), idoneidad del cultivo respecto a la precipitación (Rsuit) y el Índice de idoneidad futura del cultivo (SUIT).

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Área de estudio

El área de estudio, corresponde a la República del Perú, ubicado como país soberano en América del Sur en el lado oeste del mismo, con un total de 24 regiones o departamentos geográficos. En la zona oeste del Perú se encuentra el océano Pacífico, el cual bordea la costa peruana, limitando con Ecuador y Colombia al norte, Brasil al este, y Bolivia y Chile al sureste. Su territorio se compone de diversos paisajes: valles, las mesetas y las altas cumbres de los Andes se despliegan al oeste hacia la costa desértica y el este hacia la Amazonia. Es uno de los países con mayor diversidad biológica y mayores recursos minerales del mundo. Posee regiones de costa, sierra y selva.

Cabe indicar que, el comportamiento climático del Perú se encuentra determinado por su situación geográfica; ya que, el país se encuentra dentro de la zona intertropical de la Tierra, es decir, a baja latitud y cerca del ecuador terrestre. Esto implica que no haya grandes diferencias entre las temperaturas medias de invierno y verano en todo el país, además determina que al oriente tenga un clima tropical lluvioso. Asimismo, la presencia imponente de la cordillera de los Andes, determina una variedad de climas de altura que van del clima templado de montaña al clima gélido de alta montaña. Finalmente, las corrientes marinas frías y los vientos alisios provenientes del anticiclón del Pacífico Sur, determinan que en la costa prevalezca el clima subtropical árido.

Por otro lado, es preciso mencionar que básicamente son cuatro factores: Posición o localización del Perú en el mundo como un país tropical, influencia de las corrientes marinas, influencia de los vientos e influencia de una topografía dominada por la (cordillera de los Andes). A estos factores habría que añadir a las anomalías o fenómenos climáticos extraordinarios como El Niño-Oscilación del Sur.

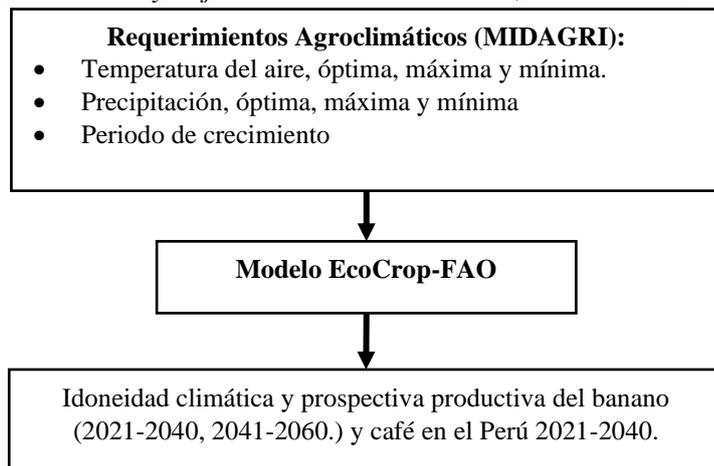
2.2. Diseño metodológico

La figura 1, presenta el diseño metodológico para prever la idoneidad climática y la perspectiva productiva del *Coffea arabica L.* (café) y *Musa paradisiaca L.* (banano) en el Perú en dos periodos de estudio. Este proceso implicó, en primer lugar, la creación de una base de datos para el período de estudio 2021-2040, abarcando *Musa paradisiaca L.* y *Coffea arabica L.*, así como el desarrollo de otra base de datos para *Musa paradisiaca L.* en el periodo 2041-2060, incorporando parámetros climáticos como el comportamiento de la temperatura y precipitaciones.

En segundo lugar, se determinó los requisitos específicos de temperatura y precipitaciones para cada cultivo, además de llevar a cabo la calibración del modelo. En tercer lugar, se procedió a estimar la idoneidad climática de los cultivos mediante la utilización de los modelos de circulación general (GCM, por sus siglas en inglés) de Ecocrop. Finalmente, se evaluaron los resultados obtenidos sobre dicha idoneidad de los cultivos de banano y café en diversas zonas de cultivo del Perú.

Figura 1.

Esquema metodológico para la estimación de la idoneidad climática y prospectiva productiva del banano y café en el Perú 2021-2040, 2041-2060.



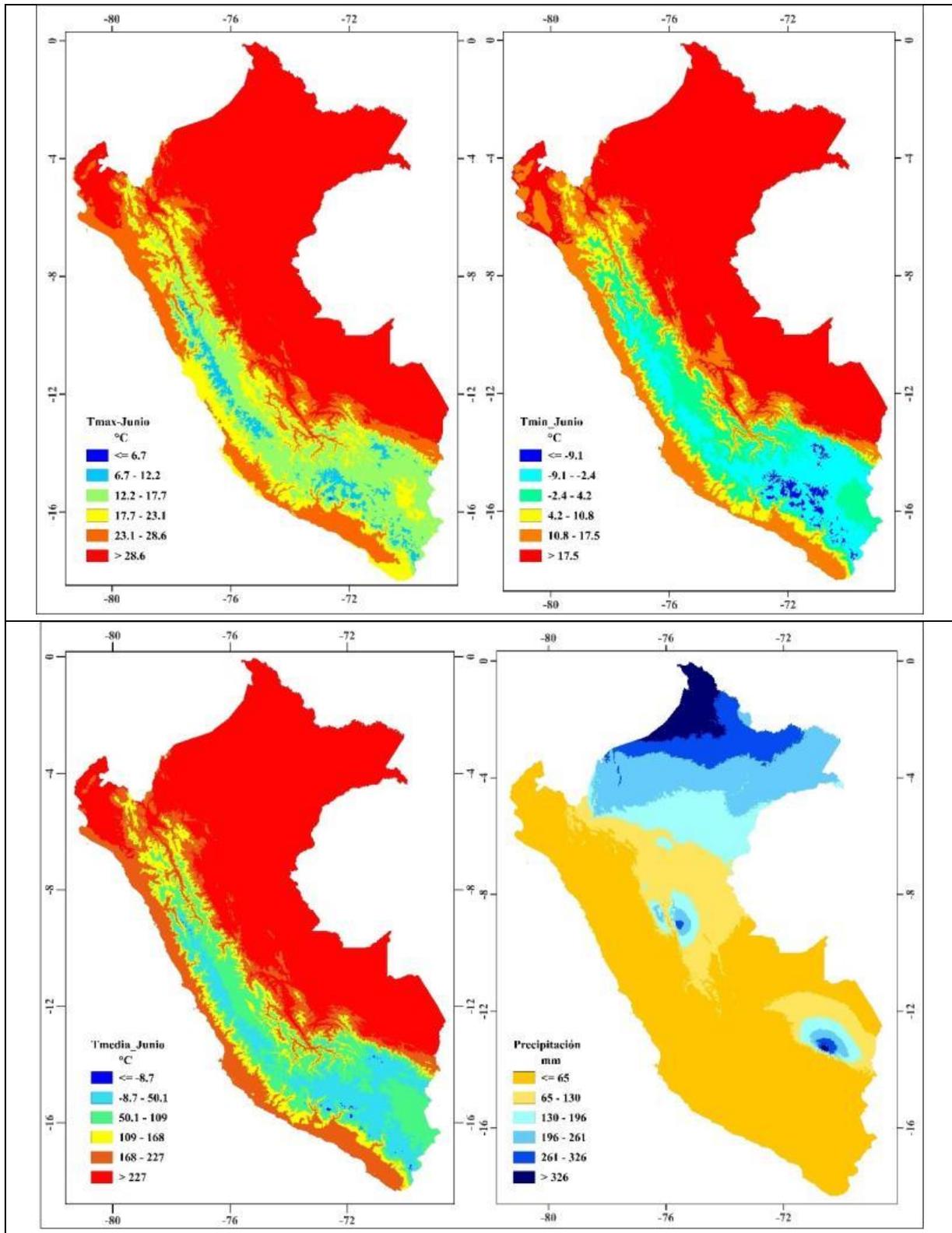
2.3. Caracterización de variables

En la figura 2, se exhiben los mapas que detallan la distribución espacial de los valores medios (T_{media}) de la temperatura máxima (T_{max}), mínima (T_{min}) medida en $^{\circ}C$; así como de los niveles medios de precipitación expresados en mm durante el mes de junio del período de 1970 a 2000. Dichos datos fueron extraídos de la base de información proporcionada por WorldClim y posteriormente procesados utilizando el software QGIS.

Es importante señalar que la información contenida en los datos rasters (consisten en una cuadrícula de píxeles de tamaño regular) de T_{max} , T_{min} , T_{media} y precipitación, que se incorporaron al modelo EcoCrop-FAO, correspondiendo ello a los valores medios registrados en el mes de junio lo largo del período entre 1970 y 2000. Este enfoque temporal proporcionó una perspectiva integral de las condiciones climáticas durante ese lapso, sirviendo como base para la evaluación de la idoneidad climática y la perspectiva productiva de los cultivos analizados.

Figura 2.

Mapas de distribución espacial de la temperatura máxima (T_{max}), mínima (T_{min}) y media (T_{media}) del aire ($^{\circ}C$) y de la precipitación (mm). Los valores medios del mes de junio corresponden a los años entre 1970 al 2000.



2.4. Caracterización fenológica y productiva del banano y café en el Perú

El banano (*Musa paradisiaca* L.), es una planta de producción permanente en el Perú, se establece inicialmente instalando una semilla madre para posteriormente mantener una selección de los mejores retoños de la misma semilla en todas las siguientes generaciones. La duración del crecimiento de la planta madre y el retoño es diferente, lo que tiene implicaciones para el modelo de idoneidad del cultivo en el sentido de que la diferencia de tiempos en su desarrollo implicaría que no sea temporal. Dado que el banano retoño se cosecha con más frecuencia que la madre, se calcula la idoneidad del cultivo de banano retoño considerando el número de días de germinación mínima (Gmin) de 210 días y máxima (Gmax) de 270 días. Idealmente, se debe considerar la variación del clima dentro del año para determinar el momento óptimo de selección de retoños, evitando malas condiciones climáticas (poca lluvia) durante los períodos clave de crecimiento. Por lo tanto, las fechas posteriores de manejo y selección de retoños se uniformizan hasta considerarse equivalentes a la fecha ideal de siembra con respecto a otros cultivos (MIDAGRI, 2021).

Tabla 1

Caracterización fenológica de la *Musa paradisiaca* L. y *Coffea Arabica* L.

Nombre Científico	Tipo de cultivo	Gmin (días)	Gmax (días)
<i>Musa paradisiaca</i> L.	Permanente	210	270
<i>Coffea Arabica</i> L.	Permanente	210	330

Fuente: MIDAGRI

El café (*Coffea Arabica* L.), es uno de los principales productos agrícolas de exportación en el Perú, que beneficia económicamente a más de 223 mil familias, entre pequeños, mediano y grandes productores. De las 10 principales regiones productoras en el Perú, con 425 400 ha sembradas de café, se concentra el 91% de productores con áreas cultivables (Cafes del Perú, 2022). La diversidad y matices de microclimas, suelos, precipitación y luz solar constituye un escenario óptimo para los distintos perfiles en relación con el sabor, aroma y acidez, dando lugar a diferentes variedades como Typica (70%), Caturra (20%) y otros tipos (10%). Se calcula la idoneidad del cultivo de café considerando el número de días de germinación mínima (Gmin) de 210 días y máxima (Gmax) de 330 días. Idealmente, se debe considerar la variación del clima dentro del año para determinar de manera óptima los parámetros de temperatura del aire y precipitación apropiados para el desarrollo del cultivo dentro de los requerimientos agroclimáticos del café (MIDAGRI, 2021).

2.5. Características del modelo EcoCrop-FAO

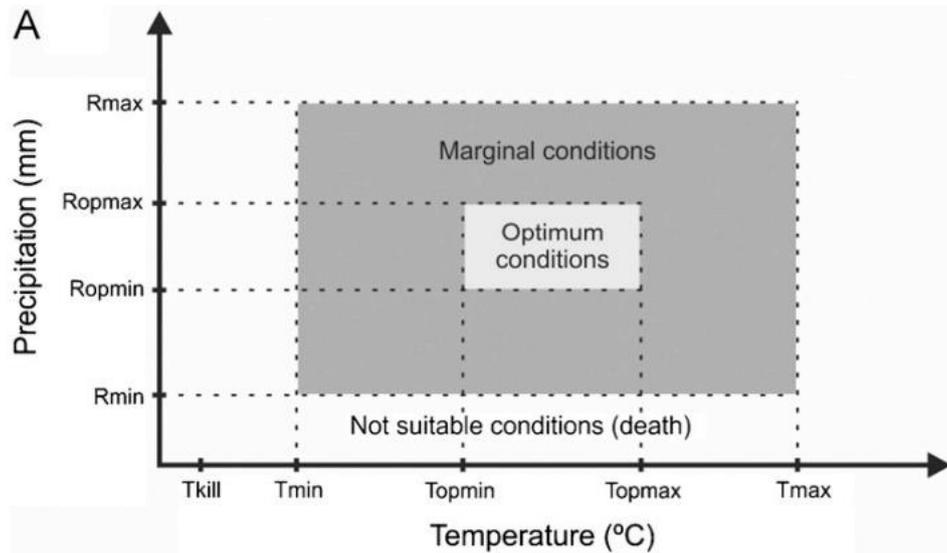
El sistema EcoCrop se dedica a examinar y evaluar la adecuación de un entorno propicio para el cultivo en cuestión. Para lograr esto, se lleva a cabo un análisis comparativo entre los requisitos agroclimáticos absolutos y los óptimos específicos del cultivo en términos de temperatura y precipitación, utilizando datos climáticos. Este modelo, desarrollado originalmente por Hijmans et al. (2001), opera de manera determinística y resulta muy útil para evaluar la idoneidad de un cultivo, así como para identificar el comportamiento o la idoneidad climática asociada a un producto en particular y en un momento específico. Los datos agroclimáticos ambientales se utilizan como entrada para el modelo, que luego genera un índice de idoneidad como información de salida, expresado en una escala porcentual de 0 a 100, según lo establecido por la FAO en 2000.

La particularidad de este modelo radica en la presencia de dos intervalos agroclimáticos, uno absoluto y otro óptimo, que abarcan las variables de temperatura y precipitación. En el rango

absoluto, la temperatura absoluta mínima es T_{min} y la temperatura absoluta máxima es T_{max} , la precipitación absoluta mínima es R_{min} y la precipitación absoluta máxima es R_{max} . En el rango óptimo, la temperatura mínima óptima es T_{opmin} y la temperatura máxima óptima es T_{opmax} , la precipitación mínima óptima es R_{opmin} y la precipitación máxima óptima es R_{opmax} . Además, se contempla la utilización de una temperatura límite para el cultivo (T_{kill}), la cual se emplea para reconocer aquella temperatura que excede los límites absolutos de la temperatura mínima.

Figura 3.

Diagrama del modelo EcoCrop-FAO, extraído del trabajo de J. Ramirez-Villegas et al, 2013)



2.5.1. Condiciones agroclimáticas para el cálculo de la idoneidad de cultivo

En la ecuación 1, se calcula la idoneidad del cultivo respecto a la temperatura (T_{suit}) comparando los diferentes parámetros del cultivo (requerimientos agroclimáticos) con la temperatura absoluta y óptima del cultivo en una zona determinada.

$$T_{suit} = \begin{cases} 0 & T_{min_i} < T_{kill} \\ 0 & T_{mean_i} < T_{min_i} \\ a_{T1} + m_{T1} * T_{mean_i} & T_{min_i} \leq T_{mean_i} < T_{opmin_i} \\ 100 & T_{opmin_i} \leq T_{mean_i} < T_{opmax_i} \\ a_{T2} + m_{T2} * T_{mean_i} & T_{opmax_i} \leq T_{mean_i} < T_{max_i} \\ 0 & T_{mean_i} \geq T_{max_i} \end{cases} \quad (1)$$

Donde, T_{suit} se refiere a los diferentes parámetros respecto al índice de idoneidad para la temperatura a diferentes rangos y con una puntuación correspondiente; T_{min_i} , T_{opmin_i} , T_{opmax_i} y T_{max_i} se definen en función del cultivo; a_{T1} y m_{T1} son la intersección y la pendiente de la curva de regresión entre $[T_{min_i}, 0]$ y $[T_{opmin_i}, 100]$; a_{T2} y m_{T2} son la intersección y la pendiente de la curva de regresión entre $[T_{opmax_i}, 100]$ y $[T_{max_i}, 0]$.

Si la temperatura media en el tiempo "i" está por debajo del umbral mínimo T_{min_i} , la puntuación es 0 %. Si está dentro del rango de temperatura óptima, entre T_{opmin_i} y T_{opmax_i} , la puntuación es 100 %. Si está por encima del umbral máximo T_{max_i} la puntuación vuelve a ser 0 %.

Por su parte, en la ecuación 2, se calcula la idoneidad del cultivo respecto a la precipitación (R_{suit}) comparando la lluvia total de la temporada de crecimiento del cultivo (precipitación

acumulada de todos los meses durante la temporada de crecimiento), con la precipitación absoluta y óptima del cultivo en una zona determinada.

$$Rsuit = \begin{cases} 0 & R_{total} < R_{min_i} \\ a_{R1} + m_{R1} * R_{total} & R_{min_i} \leq R_{total} < R_{opmin_i} \\ 100 & R_{opmin_i} \leq R_{total} < R_{opmax_i} \\ a_{R2} + m_{R2} * R_{total} & R_{opmax_i} \leq R_{total} < R_{max_i} \\ 0 & R_{total} \geq R_{max_i} \end{cases} \quad (2)$$

Donde, $Rsuit$ es el indicador de idoneidad de la precipitación; R_{total} es la precipitación total de la temporada de crecimiento del cultivo de la zona de estudio; R_{min_i} , R_{opmin_i} , R_{opmax_i} y R_{max_i} se definen en función del cultivo; a_{R1} y m_{R1} son el intercepto y la pendiente de la curva de regresión entre $[R_{min_i}, 0]$ y $[R_{opmin_i}, 100]$; a_{R2} y m_{R2} son el intercepto y la pendiente de la curva de regresión entre $[R_{opmax_i}, 100]$ y $[R_{max_i}, 0]$.

En la ecuación 2, también se muestra una estructura de condiciones que evalúa la idoneidad de la precipitación. Si la precipitación acumulada es menor que R_{min_i} , la idoneidad se establece en 0 %. Si la precipitación acumulada está dentro de un rango específico entre R_{opmin_i} y R_{opmax_i} la idoneidad se establece en 100 %. Si la precipitación acumulada es mayor que R_{max_i} la idoneidad se establece en 0.

En la ecuación 3, se calcula el índice de idoneidad futura del cultivo ($SUIT$) a partir del producto de las idoneidades de temperatura y precipitación dadas por las ecuaciones (1) y (2).

$$Tsuit * Rsuit = SUIT \quad (3)$$

2.5.2. Calibración del modelo EcoCrop-FAO

En la tabla 1, se consideró los parámetros agroclimáticos ambientales (temperatura y precipitación absoluta y óptima) para la calibración del modelo EcoCrop-FAO. Estos parámetros de cultivo también son conocidos como requerimientos agroclimáticos.

Tabla 2

Parámetros agroclimáticos ambientales para la calibración del modelo EcoCrop-FAO.

Temperatura		Precipitación		
De muerte (T_{kill})	Mínima	Máxima	Mínima	Máxima
Absoluta	T_{min}	T_{max}	R_{min}	R_{max}
Óptima	T_{opmin}	T_{opmax}	R_{opmin}	R_{opmax}

Asimismo, es necesario conocer la estación de crecimiento en días e incorporarlo en el análisis del número de días de germinación mínima (G_{min}) y máxima (G_{max}) para cada cultivo, los cuales representan el periodo de crecimiento para diferentes especies de un mismo cultivo, tal como se detalla en la tabla 2, para el caso del banano como cultivo permanente el G_{min} y el G_{max} corresponde al valor medio de los días de crecimiento de la madre y los retoños.

Tabla 3

Parámetros agroclimáticos para los cultivos de café (Coffea arabica L.) y banano (Musa paradisiaca L), temperatura (°C) y precipitación acumulada anual (mm)

Cultivo	G_{min}	G_{max}	T_{kill}	T_{min}	T_{opmin}	T_{opmax}	T_{max}	R_{min}	R_{opmin}	R_{opmax}	R_{max}
Banano	210	270	80	16	20	30	37	1800	1900	2000	2200
Café	210	330	0	18	22	25	29	750	1400	2300	4200

La FAO presenta parámetros generales de referencia para una lista de cultivos como el café extraídos del enlace <https://gaez.fao.org/pages/ecocrop>, muy útiles para alimentar el modelo EcoCrop, sin embargo, es considerable el uso de la información del banano brindada por MIDAGRI extraída del enlace <https://repositorio.midagri.gob.pe/handle/20.500.13036/1284>, cuya información específica permitió ajustar el modelo en gran medida con la zona en estudio, los valores de temperatura y precipitación en los rasters aparecen multiplicados por 10 para evitar el uso de decimales.

2.6. Modelado de idoneidad de cultivos

2.6.1. Datos climáticos

El modelo de idoneidad de cultivos considera los valores medios mensuales de las condiciones agroclimáticas entre 1970 al 2000 para la generación de un escenario futuro entre el 2021 al 2040. Los datos mensuales recopilados de precipitación y temperatura (mínima y media) se extrajeron del WorldClim, versión 2.1 (Fick y Hijmans, 2017). Las capas de datos se ensamblaron a una resolución espacial de 30 s de arco (~1 km² en el ecuador).

2.6.2. Ejecución del modelo EcoCrop-FAO

Se ejecuta en RStudio con el paquete *dismo-package*, el cual permitió procesar el modelo EcoCrop y trabajar en un entorno de desarrollo amigable mientras se implementó, calibró y ejecutó el modelo EcoCrop utilizando las capacidades estadísticas y de programación de R. Posteriormente al procesamiento de los datos, se visualizaron los resultados y la gestión del flujo de trabajo. Finalmente, la ejecución del modelo ofrece una aproximación basada en información científica de los efectos del cambio climático y la idoneidad agroclimática de cultivos (Hijmans, 2017; Hijmans et al., 2001). Este modelo proporciona un valor de idoneidad que va de 0% a 100% basado en la evaluación de las condiciones climáticas a partir de los requerimientos agroclimáticos del cultivo o cultivos en estudio, donde 0 % significa la ausencia total de idoneidad y 100 % significa la presencia de idoneidad perfecta u óptima.

2.6.3. Cálculo de la idoneidad futura del cultivo

El modelo EcoCrop, calcula la idoneidad futura del cultivo definida como tierra de cultivo en un raster de resolución espacial de 1 km² a través de la disponibilidad de los modelos de circulación general GCM (Global Climate Model) o modelo climático global que es una herramienta utilizada para simular y predecir el comportamiento del clima a nivel global. Estos modelos utilizan complejas ecuaciones matemáticas y representaciones computacionales de los procesos atmosféricos, oceánicos, terrestres y de interacción entre ellos. (Xiong et al., 2017).

Tal y como se detalla en la ecuación 3, el índice de idoneidad futura del cultivo (*SUIT*) es la resultante entre el producto de *Tsuit* y *Rsuit* a partir del producto de las idoneidades de temperatura y precipitación dadas por las ecuaciones (1) y (2).

3. RESULTADOS Y DISCUSIONES

3.1. Temperatura y precipitación idónea para el cultivo del café y del banano

En la figura 2, se observan los mapas de distribución espacial de la temperatura y la precipitación idóneas acumulada por celda de un 1 km² proyectada al 2021-2040 para los cultivos del café y del banano en el Perú, respectivamente, con un índice de banda de 0 al 100 %, donde 0 a 17 % es idoneidad nula, de 17 % a 33 % es idoneidad deficiente, de 33 % a 50 % es baja idoneidad, de 50 % a 67 % es idoneidad moderada, de 67 % a 83 % es idoneidad buena y de 83 % a 100 % es idoneidad perfecta.

Tabla 4

Clasificación del índice de idoneidad.

%	Grado de Idoneidad
0-17	Nula
17-33	Deficiente
33-50	Baja
50-67	Moderada
67-83	Buena
83-100	Perfecta

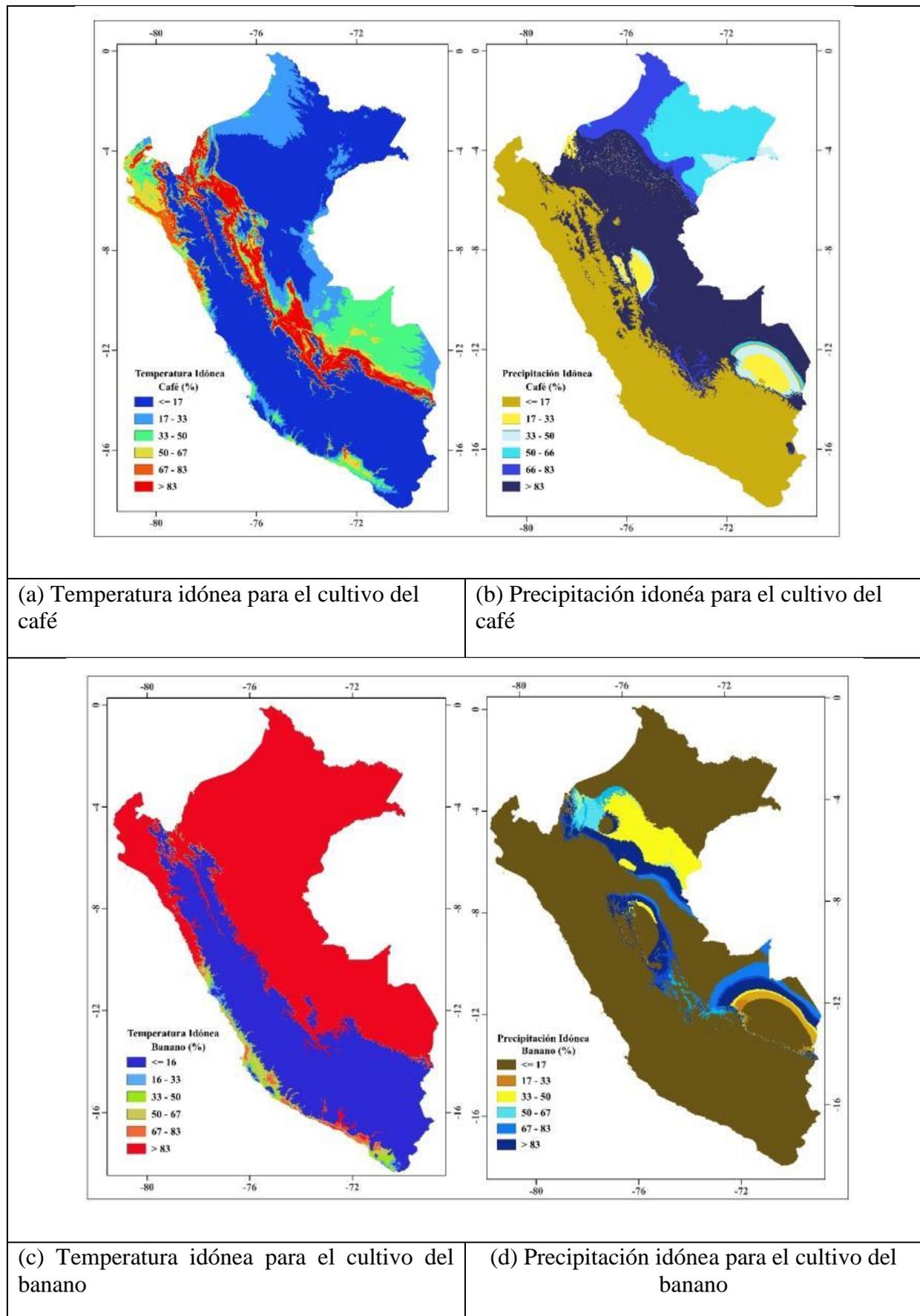
En la figura 4 (a), se puede observar las zonas con idoneidad de temperatura perfecta óptimas para el cultivo del café corresponde a las zonas en color rojo (>83%), de igual forma para el caso de la idoneidad de precipitación que corresponde a las zonas en color azul (>83%), figura 3 (b).

También se observar en la figura 4 (c), las zonas con idoneidad de temperatura perfecta óptimas del cultivo de banano y corresponde a las zonas en color rojo (>83%), de igual forma para el caso de la idoneidad de precipitación que corresponde a las zonas en color azul (>83%), figura 3 (d).

En la figura 4 (a, b, c, y d) se observa un análisis individual respecto a la idoneidad climática de la temperatura y precipitación para el caso del café y banano, donde se puede afirmar que existen regiones del país con temperaturas perfecta (83 % a 100 %) respecto a la idoneidad del cultivo, y a su vez esas mismas regiones no cuentan con precipitaciones aptas para el desarrollo del cultivo (café y banano).

Figura 4.

Parámetros agroclimáticos idóneos para la ubicación de zonas óptimas en el cultivo del café y banano en el Perú, periodo comprendido entre el 2021 al 2040.



3.2. Idoneidad de cultivo del *Coffea arabica* L. y *Musa paradisiaca* L. 2021-2040.

En la figura 4, se observa la idoneidad de cultivo del café y banano con un índice de idoneidad que va desde el 0% hasta el 100%, donde las zonas con idoneidad perfecta óptimas corresponden a las zonas en color verde (>83%).

En el caso del café, ver figura 4 (a), se destacan diversas regiones con áreas de cultivo de climas óptimos para su desarrollo productivo. Entre estas regiones se encuentran Loreto, Amazonas, Cajamarca, San Martín, Huánuco, Cerro de Pasco, Ucayali, Huancayo, Madre de Dios, Cuzco, Puno, Junín y Ayacucho. Cada una de estas regiones presenta áreas específicas con características adecuadas para el cultivo del café. Asimismo, se pueden identificar extensiones significativas en regiones como Amazonas, San Martín, Huánuco, Pasco, Junín y Cuzco, que son especialmente propicias para el desarrollo de este cultivo.

En los últimos años el departamento de Junín, Cajamarca, Amazonas y San Martín se ha caracterizado por tener actitudes climáticas óptimas para el desarrollo del cultivo de café, es más actualmente son los departamentos con mayor producción (Cafes del Perú, 2022), y solo Amazonas, San Martín y Junín conservarían su aptitud climática para el 2040. Actualmente los departamentos menos productivos de café por sus características climáticas son: Piura, Huánuco, Ayacucho y Puno (Cafes del Perú, 2022), de estos 4 departamentos solo Piura dejaría de tener condiciones climáticas óptimas para el desarrollo de cultivo y Huánuco, Ayacucho junto a Puno continuarían desarrollando el cultivo de café, ver figura 4 (a).

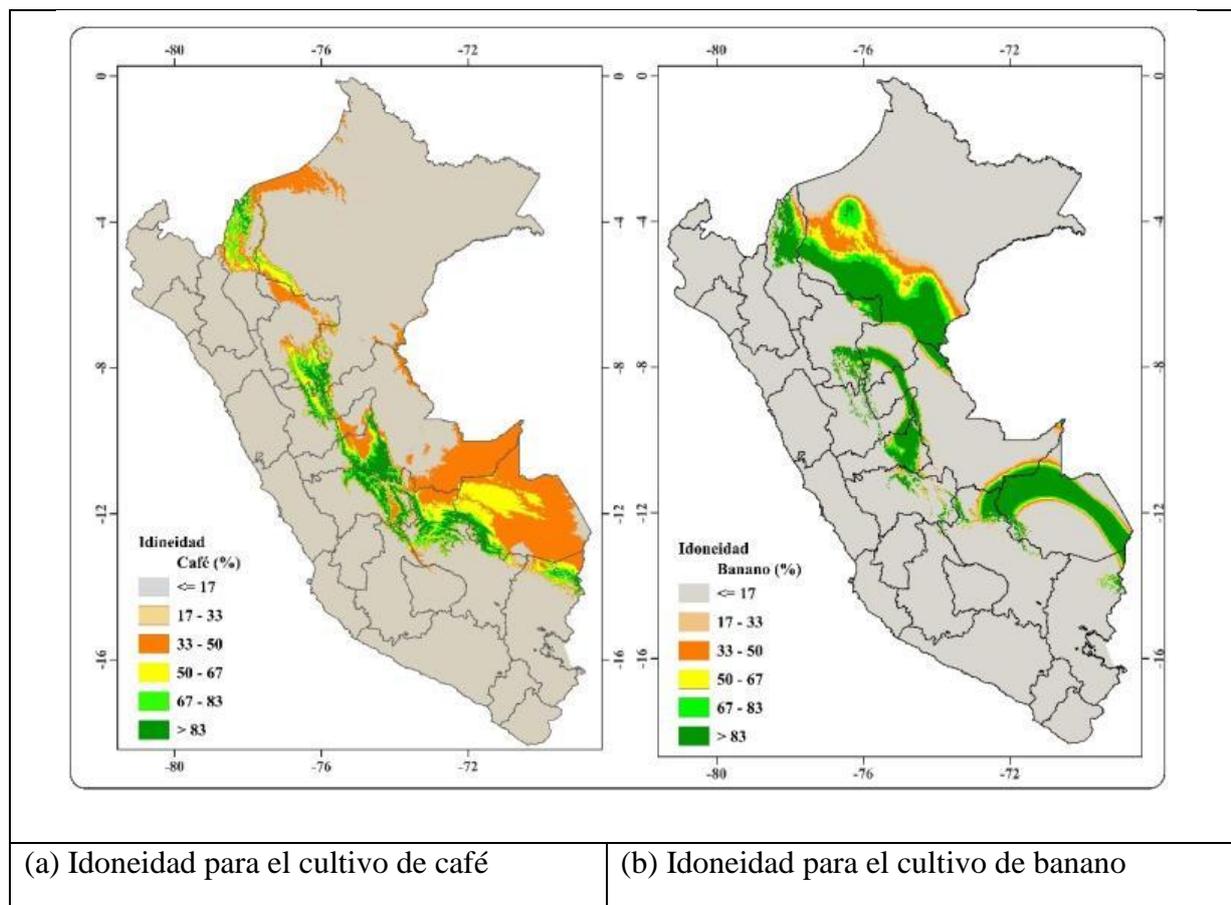
En la figura 4 (b), se evidencia la idoneidad de banano y las diferentes regiones con áreas de cultivo de climas óptimos para su desarrollo productivo. Entre estas regiones se encuentran Loreto, Amazonas, San Martín, Huánuco, Cerro de Pasco, Ucayali, Huancayo, Madre de Dios, Cuzco, Puno, y Junín. Cada una de estas regiones cuenta con áreas específicas que ofrecen condiciones óptimas para el cultivo del banano. Además, se pueden identificar extensiones en regiones como Amazonas, Loreto, Cerro de Pasco y Madre de Dios, las cuales presentan condiciones favorables para el desarrollo de este cultivo.

Actualmente los departamentos de Piura, San Martín, Loreto, Ucayali, Huánuco y Junín se han caracterizado por tener cualidades climáticas óptimas para el desarrollo del cultivo de banano, y además son los departamentos con mayor producción (SIEA, 2023). Para el año 2040, se proyecta que solo las regiones de San Martín y Loreto mantendrán niveles altos de producción en el cultivo, gracias a su extensa área adecuada para esta actividad productiva. Por otro lado, Huánuco y Junín experimentarán una disminución en su participación en comparación con su contribución actual, pero aún conservarán condiciones climáticas favorables para el desarrollo de la producción y Piura pasaría a tener una idoneidad 0%.

En la actualidad, según (SIEA, 2023) los departamentos menos productivos de banano por sus características climáticas son: Tumbes, Lambayeque, La Libertad, Amazonas y Cerro de Pasco (SIEA, 2023), de estos 5 departamentos Tumbes, Lambayeque y la Libertad dejarían de tener condiciones climáticas óptimas para el desarrollo del cultivo y Amazonas junto a Cerro de Pasco continuarían desarrollando el cultivo de banano, ver figura 4 apartado (b).

Figura 5.

Porcentaje de idoneidad de cultivo del Café y Banano del 2021 al 2040



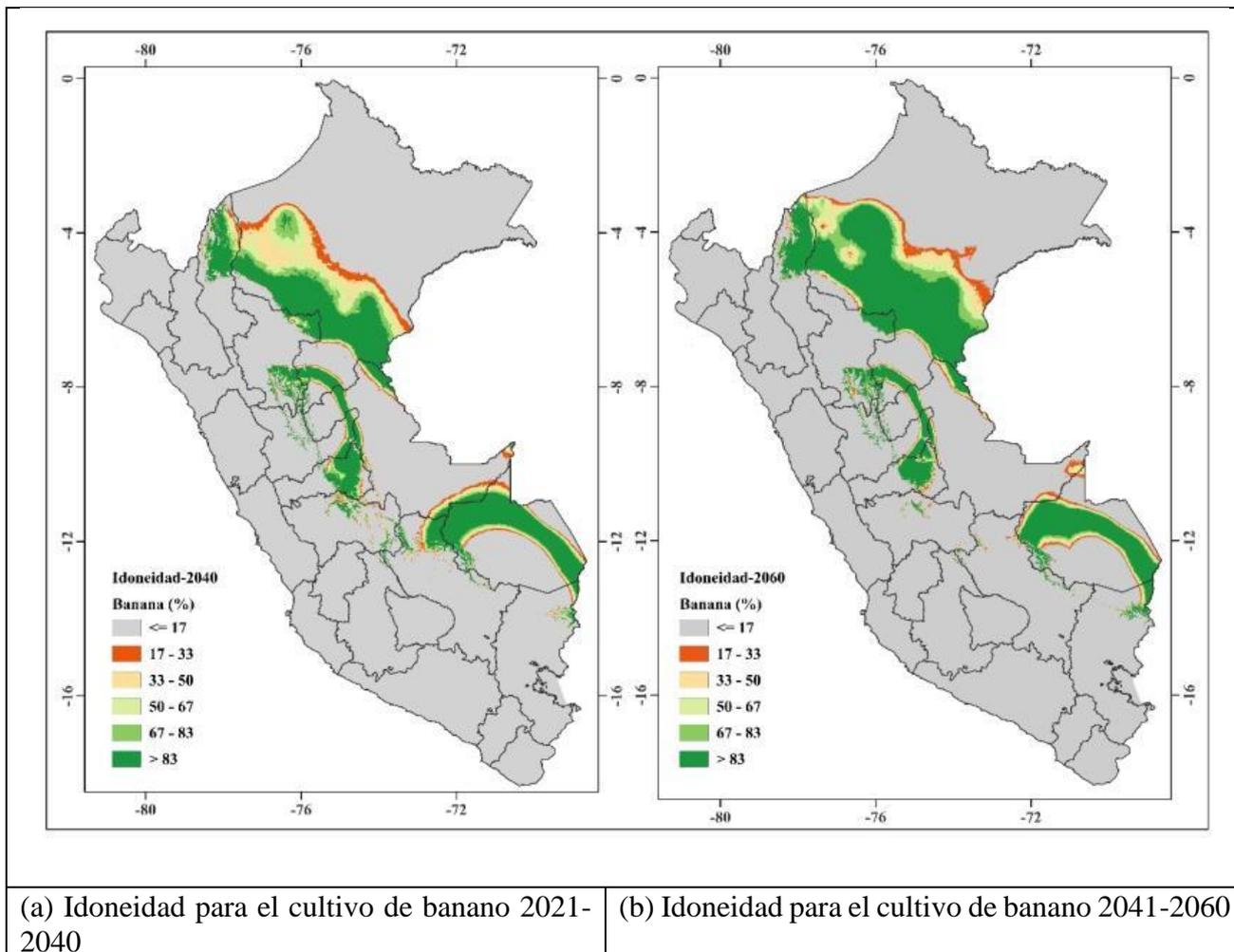
3.3. Idoneidad de cultivo del Banano 2021-2040 y 2041-2060.

En la figura 5 se observa la idoneidad de cultivo del Banano para el 2021-2040 y 2041-2060 con un índice de idoneidad que va desde el 0% hasta el 100%, donde las zonas con idoneidad perfecta óptimas corresponden a las zonas en color verde (>83%) y la zona con idoneidad nula corresponde al color gris (<=17%). En la Figura 5(a) se observan los cambios proyectados en la idoneidad climática del cultivo de Banano para el período comprendido entre 2041 y 2060, donde se puede identificar que la región de Loreto experimentará los mayores cambios en cuanto a la idoneidad climática del Banano. Es interesante observar que las zonas que mostraban una idoneidad climática baja (33% - 50%) durante el período 2021-2040 se verán favorecidas, ya que se espera que alcancen una idoneidad climática perfecta (83% y 100%) para el período 2041-2060.

Los hallazgos sugieren un panorama positivo para el cultivo de Banano principalmente en el departamento de Loreto durante las próximas décadas. Además de los cambios mencionados, también se puede observar en la figura que otras regiones presentan variaciones (positivas y negativas) en la idoneidad climática del cultivo de Banano para el periodo 2041-2060. Por ejemplo, se aprecian cambios negativos en la idoneidad climática en zonas de la región de Ucayali.

Figura 6.

Porcentaje de idoneidad de cultivo del Banano del 2021 al 2040 y 2041 al 2060



(a) Idoneidad para el cultivo de banano 2021-2040

(b) Idoneidad para el cultivo de banano 2041-2060

3.4. Análisis de la movilidad de las áreas con idoneidad climática del Banano periodo 2021 al 2040 y 2041 al 2060.

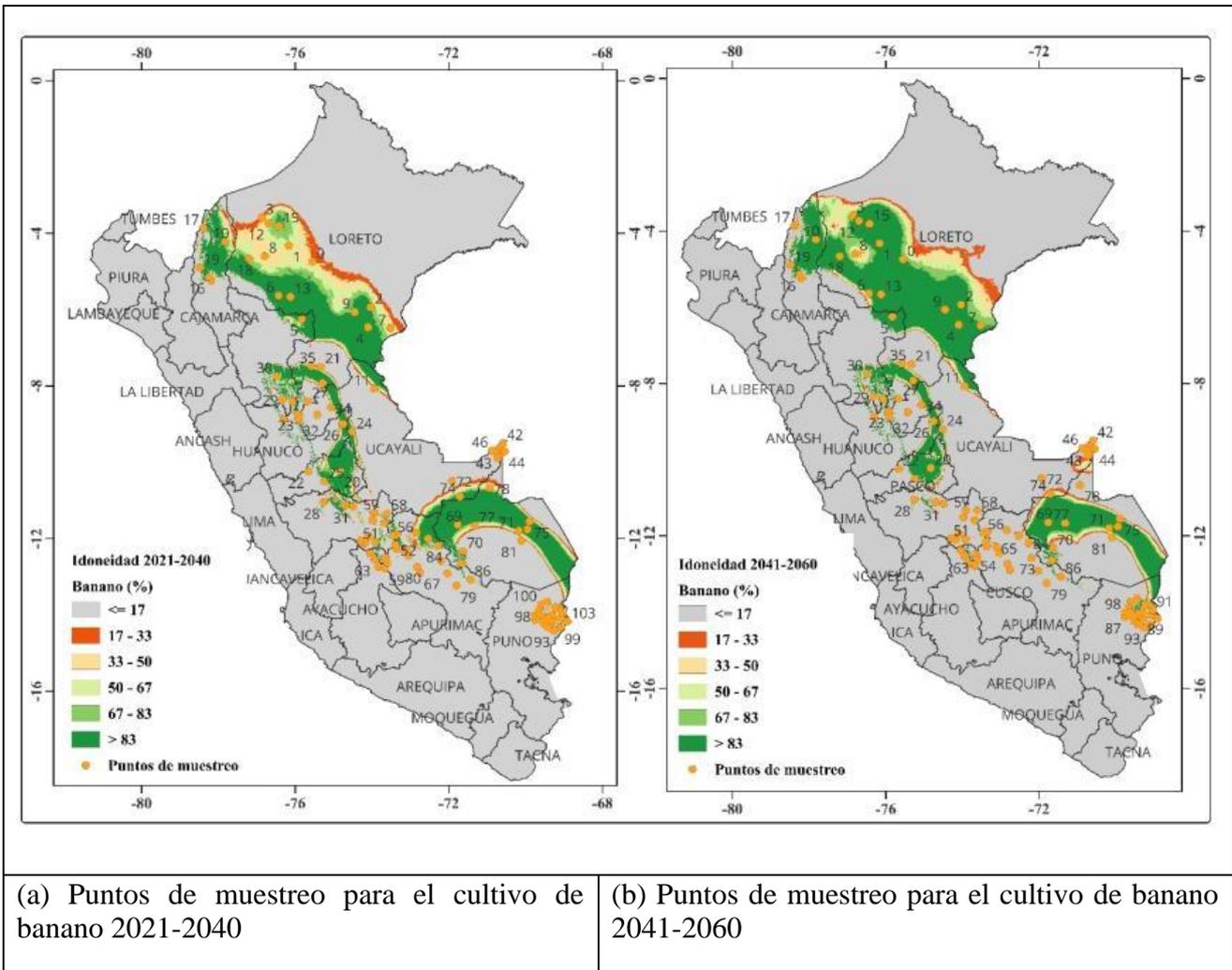
Para realizar un análisis detallado relacionado a los cambios de idoneidad climática de Banano periodo 2021 al 2040 y 2041 al 2060 se han generado puntos de muestreo aleatorios a través del software QGIS haciendo uso de la caja de herramientas “creación de vectores” en la opción “puntos aleatorios sobre áreas”. En total, se han generado 107 puntos de muestreo distribuidos aleatoriamente en las diversas regiones que abarcan desde un 0% hasta un 100% de idoneidad climática, ver figura 6.

La generación de puntos de muestreo aleatorios juega un papel crucial en la identificación de cambios en la idoneidad climática del cultivo de Banano en el periodo 2041-2060 (a) en comparación con el periodo 2021-2040 (b), estos puntos ofrecerán información relacionada a los cambios que afrontarán determinadas áreas en las diferentes regiones del país.

Por lo que, ambos escenarios permiten obtener información relevante sobre los cambios que enfrentarán áreas específicas en diferentes regiones del país. Este análisis proporcionará una comprensión más completa y precisa de los efectos del cambio climático en la idoneidad del cultivo de Banano en los próximos años.

Figura 7.

Análisis de la movilidad de las áreas con idoneidad climática del banano periodo 2021 al 2040 y 2041 al 2060.



3.4.1 Evaluación de la movilidad de las áreas con idoneidad climática del Banano 2041 al 2060 respecto al periodo 2021 al 2040.

En la figura 7 se observa la evaluación de la movilidad de las áreas con idoneidad climática del banano 2041 al 2060 respecto al periodo 2021 al 2040 (a y b).

La figura 7 (a) muestra la distribución de los 107 puntos muestrales sobre las regiones del país y los cambios (positivos y negativos) en la idoneidad climática que pueden experimentar para el periodo 2041-2060. Por ejemplo, Loreto es la región con mayor presencia de áreas con cambios positivos respecto a la idoneidad climática para el periodo 2041-2060, llegando a experimentar cambios de hasta el 60%. Este hallazgo sugiere un panorama alentador para el cultivo de Banano en dicha región durante las próximas décadas. Para el caso de Ucayali sucede todo lo contrario, es la región con mayor presencia de áreas que sufrirá cambios negativos respecto a la idoneidad climática para el periodo 2041-2060, llegando a sufrir cambios de hasta -72%.

En la figura 7 (b) muestra los cambios de la idoneidad climática en función de la altitud, donde podemos afirmar que los cambios (positivos y negativos) de la idoneidad climática se concentran en un rango de altitud entre [121-1980], por debajo y encima del rango los cambios son cero, es decir la idoneidad climática se moverá en zonas no menores a 121m y no mayores a 1980m

Además, la suma de cuadrados dentro de los grupos es sustancialmente mayor que la suma de cuadrados entre los grupos, lo que sugiere que la variabilidad dentro de cada período es menos relevante y que las diferencias entre los períodos estudiados si presenta variabilidad.

En resumen, según el análisis de varianza, se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los períodos de cultivo de banano en relación con las variables analizadas.

Tabla 5

Análisis de varianza presentan resultados relacionados con el cultivo de banano en dos períodos distintos (2021-2041 y 2041-2060).

RESUMEN

Grupos	Cuenta	S	M	s ²
Banano 2021-2041	107	3284	30.6916	1533.44
Banano 2041-2060	107	3115	29.1121	1839.19

ANÁLISIS DE VARIANZA

Origen de las variaciones	SS	GL	MSS	F	P>t	Valor crítico para F
Entre grupos	133.463	1	133.463	0.07914	0.779	3.885696511
Dentro de los grupos	357499	212	1686.32			
Total	357633	213				

4. CONCLUSIONES

El modelo de evaluación de la idoneidad de la tierra propuesto, consideró variables agroclimáticas determinantes para la idoneidad de un cultivo en una zona específica. Se destaca el considerable potencial de este enfoque para evaluar los problemas de seguridad alimentaria a nivel mundial y regional, las limitaciones climáticas generales y los cambios regionales en la idoneidad de los cultivos en el contexto del cambio climático.

Dicho modelo logró prever zonas óptimas a partir de requerimientos agroclimáticos y cómo interactúan las variables (temperatura y precipitación) para generar una salida (idoneidad de cultivo a futuro). El cultivo del *Coffea arabica L.* (café) en Amazonas, San Martín y Junín conservarían su idoneidad agrícola al 2040 con un grado de idoneidad óptima mayor al 83%; mientras que, Piura con un SUIT menor al 17% dejaría de tener condiciones climáticas óptimas para el desarrollo de dicho cultivo.

La idoneidad de la *Musa paradisiaca L.* (banano) en Amazonas, Loreto, Cerro de Pasco, San Martín, Pucallpa y Madre de Dios, presentaría condiciones favorables para su desarrollo, siendo Loreto quien mayor presencia de áreas con cambios positivos posea respecto a la idoneidad climática para el periodo 2041-2060, con tendencia variable hasta el 60%.

En Ucayali, Cuzco, Junín, Madre de Dios y Puno sucede todo lo contrario, regiones con mayor presencia de áreas que sufrirían cambios negativos respecto a la idoneidad climática para el periodo 2041-2060, con cambios de hasta -72%. Finalmente, las zonas con mayor presencia de cambios en la idoneidad del cultivo de *Musa paradisiaca L.* serían aquellas de altitud comprendida por el rango [121-1980] ms.n.m. de tal manera que las zonas por debajo de 121 ms.n.m y por encima de 1980 ms.n.m no se verían afectadas.

Posteriormente a ello, mediante análisis ANOVA, se determinó que existen diferencias estadísticamente significativas entre los períodos de cultivo de banano en relación con las variables consideradas, afirmando que, el *Coffea arabica L.* presenta una clara demarcación entre

la situación pasada y la proyección futura, con desplazamientos de la idoneidad climática hacia diferentes zonas dentro de cada departamento. El departamento de Junín exhibía condiciones propicias y abundantes para el desarrollo del cultivo de café, siendo entonces el líder en producción junto con el departamento de San Martín (Cafés del Perú, 2022), y ambos conservaban su idoneidad climática hasta el año 2040. En contraste, los departamentos menos productivos para el café debido a sus características climáticas, como Piura, Huánuco, Ayacucho y Puno (Cafés del Perú, 2022), perdían su idoneidad para la producción de café.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bjorn Moller, A., Mulder, V., & Heuvelink, G. (2021). Can We Use Machine Learning for Agricultural Land Suitability Assessment? *agronomy*. doi: <https://doi.org/10.3390/agronomy11040703>
- Cafes del Perú. (2022). *Producción del Café*. Retrieved from <https://sites.peru.info/es-pe/cafesdelperu/produccion-en-el-peru>
- Campbell-Lendrum, D., Woodruff, R., Prüss-Üstün, A., Corvalán, C., & Organización Mundial de la Salud . (2007). Cambio climático: cuantificación del impacto en la salud a nivel nacional y local / Diarmid Campbell-Lendrum, Rosalie Woodruff; editores, Annette Prüss-Üstün, Carlos Corvalán. Retrieved from <https://apps.who.int/iris/handle/10665/43708>
- De Rhys , M., Varela-Ortega , C., & Van Etten , J. (2020). Idoneidad de los cultivos de leguminosas y pseudocereales ricos en proteínas en los climas europeos actuales y futuros. *European Journal of Agronomy*, *113*(125974). doi:<https://doi.org/10.1016/j.eja.2019.125974>
- El Baroudy, A.A. (2016). Mapping and evaluating land suitability using a GIS-based model. *CATENA*, Volume 140, Pages 96-104, ISSN 0341-8162, <https://doi.org/10.1016/j.catena.2015.12.010>.
- Emre Tercan, Mehmet Ali Dereli. (2020). Development of a land suitability model for citrus cultivation using GIS and multi-criteria assessment techniques in Antalya province of Turkey, *Ecological Indicators*, Volume 117, 106549, ISSN 1470-160X, <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106549>.
- FAO. (n.d.). *Crop Ecological Requirements Database (ECOCROP)*. Retrieved 2 de mayo de 2023, from <http://www.fao.org/land-water/land/land-governance/land-resources-planning-toolbox/category/details/en/c/1027491/>
- Han C, Chen S, Yu Y, Xu Z, Zhu B, Xu X, Wang Z. (2021). Evaluación de la idoneidad de las tierras agrícolas basada en RS, AHP y MEA: un estudio de caso en la provincia de Jilin, China. *Agricultura*.11(4):370. <https://doi.org/10.3390/agriculture11040370>
- Hijmans, R., & Fick, E. (2017). WorldClim 2: nuevas superficies climáticas de resolución espacial de 1 km para áreas terrestres globales. *International Journal of climatology*. doi: <https://doi.org/10.1002/joc.5086>
- IPCC. (2021). *Intergovernmental Panel on Climate Change*. Retrieved from <https://www.ipcc.ch/>
- lesk , C., Rowhani , P., & Ramankutty, N. (2016). Influencia de los desastres meteorológicos extremos en la producción agrícola mundial. *Nature*. doi:<https://doi.org/10.1038/nature16467>
- Lobell , D. (2011). Global scale climate–crop yield relationships and the impacts of recent warming. *Environmental Research* .
- MIDAGRI. (2020). *Cartilla N° 11: Condiciones agroclimáticas del Banano*. Retrieved from https://www.midagri.gob.pe/portal/download/pdf/biblioteca-virtual/estados-fenologicos/platano_condiciones_agroclimaticas.pdf

- MIDAGRI. (2021). *Condiciones agroclimáticas del banano*. Retrieved from https://www.midagri.gob.pe/portal/download/pdf/biblioteca-virtual/estados-fenologicos/platano_condiciones_agroclimaticas.pdf
- MIDAGRI. (2022). *Atlas agropecuario*. Retrieved from <https://www.gob.pe/midagri>
- Mulder, V., van Eck, C., Friedlingstein, P., Arrouays, D., & Regnier, P. (2019). Controlling factors for land productivity under extreme climatic events in continental Europe and the Mediterranean Basin. *Catena*, 182(104124). doi:<https://doi.org/10.1016/j.catena.2019.104124>
- Myers, S., Zanobetti, A., Kloog, I., & et al. (2014). El aumento de CO₂ amenaza la nutrición humana. *Nature*. Retrieved from <https://www.nature.com/articles/nature13179>
- OMM. (2021). *Organización Meteorológica Mundial*. Retrieved from <https://public.wmo.int/es>
- Ramírez-Villegas, J., Jarvis, A., & Laderach, P. (2013). Enfoques empíricos para evaluar los impactos del cambio climático en la agricultura: el modelo EcoCrop y un estudio de caso con sorgo en grano. *Agricultural and Forest Meteorology*. doi:<https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2011.09.005>
- Remesh, K., Byju, G., Soman, S., Raju, S., & Ravi, V. (2019). Future changes in mean temperature and total precipitation and climate suitability of yam (*Dioscorea* spp.) in major yam-growing environments in India. *Current Horticulture*, 7. doi:10.5958/2455-7560.2019.00005.0
- Schlenker, W., & Roberts, M. (2009). Los efectos no lineales de la temperatura indican daños severos a los rendimientos de los cultivos de EE. UU. debido al cambio climático. *PNAS*. doi:<https://doi.org/10.1073/pnas.090686510>
- SIEA. (2023). *Sistema integral de estadísticas agrarias*. Retrieved from <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiNzEzNTU2MmUtY2EzZC00YjQ2LTg5YzUtYzJjODRhZjg5NGY5IiwidCI6IjdmMDg0NjI3LTdmNDAtNDg3OS04OTE3LTk0Yjg2ZmQzNWYzZiJ9>
- Taghizadeh-Mehrjardi R, Nabiollahi K, Rasoli L, Kerry R, Scholten T. (2020). Evaluación de la idoneidad de la tierra y sostenibilidad de la producción agrícola mediante modelos de aprendizaje automático. *Agronomía*. 10(4):573. <https://doi.org/10.3390/agronomy10040573>
- Thompson, N., Bir, C., & Widmar, N. (2018). Percepciones de riesgo de los agricultores en 2017. *Agrobusiness*, 35, 182–199. doi: <https://doi.org/10.1002/agr.21566>
- Thornton, P. (2014). Variabilidad climática y vulnerabilidad al cambio climático: una revisión. *Global Change Biology*.
- UNEP FI. (2021). *Grupo de trabajo sobre finanzas del clima de las Naciones Unidas*. Retrieved from <https://www.unepfi.org/>
- Zampieri, M., Ceglar, A., Dentener, F., & Toreti, A. (2017). Pérdida de rendimiento de trigo atribuible a olas de calor, sequía y exceso de agua a escala mundial, nacional y subnacional. *Environmental Research Letters*. doi:10.1088/1748-9326/aa723b
- Kjellstrom T, Weaver HJ. Climate change and health: impacts, vulnerability, adaptation and mitigation. *N S W Public Health Bull*. 2009 Jan-Feb;20(1-2):5-9. doi: 10.1071/nb08053. PMID: 19261209.

Revista Científica de la UNF - Aypate

Propuesta de programa de intervención psicopedagógica en habilidades de interacción social entre estudiantes de educación universitaria

Proposal for a psychopedagogical intervention program in social interaction skills among university education students

Mario Enrique Nizama Reyes¹, Jenny Jeanette López Cordova², Rony Alexander Piñarreta Olivares³, Janet del Rocío Sánchez Castro⁴, Eduardo Sánchez Pacheco⁵, Carmen Miroslava Sandoval Palacios⁶

Universidad Nacional de Frontera, Sullana, Piura, Perú.

RESUMEN

El desarrollo de la presente investigación tuvo como objetivo proponer la implementación de un programa de intervención psicopedagógica en habilidades básicas de interacción social para potenciar las relaciones interpersonales entre los estudiantes de nivel universitario. De manera general podemos indicar que se obtuvo como resultado a alcanzar, el establecer un marco de referencia para la implementación del programa de intervención, además de seleccionar las áreas de habilidades y sub habilidades específicas a abarcar, las cuales fueron relacionadas con sus respectivos ítems identificados del Cuestionario de Habilidades de Interacción Social (CHIS); para finalmente esquematizar las propuestas de sesiones a ejecutar en el plan de intervención. En lo que respecta a las conclusiones, en primer lugar, resaltar que la intervención psicopedagógica debe ser un proceso altamente especializado de apoyo. También se concluyó que el programa se estructuró en siete sesiones totales y cada sesión con una duración de cien minutos.

Palabras claves: Psicopedagogía, Habilidades Sociales, Autoestima, Empatía, Asertividad.**ABSTRACT**

The development of this research aimed to propose the implementation of a psychopedagogical intervention program in basic social interaction skills to enhance interpersonal relationships among university-level students. In general, we can indicate that the result to be achieved was to establish a frame of reference for the implementation of the intervention program, in addition to selecting the areas of specific skills and sub-skills to cover, which were related to their respective identified items. from the Social Interaction Skills Questionnaire (CHIS); to finally outline the proposals for sessions to be executed in the intervention plan. Regarding the conclusions, first of all, highlight that the psychopedagogical intervention must be a highly specialized support process. It was also concluded that the program was structured in seven total sessions and each session lasted one hundred minutes.

Keywords: Finance, Break-Even, Spreadsheets

¹ Economista. Doctor en Ciencias de la Educación. Docente de la Universidad Nacional de Frontera, Email: mnizama@unf.edu.pe, <https://orcid.org/0000-0001-5598-0606>, Sullana, Piura, Perú.

² Ingeniero Agrónomo. Magister en Docencia Universitaria y Gestión Educativa. Docente de la Universidad Nacional de Frontera, Email: jlopez@unf.edu.pe, <https://orcid.org/0009-0005-7826-0302>, Sullana, Piura, Perú.

³ Ingeniero Pesquero. Magister en Ingeniería Ambiental y Seguridad Industrial. Docente de la Universidad Nacional de Frontera, Email: rpinarreta@unf.edu.pe, <https://orcid.org/0000-0003-0029-729X>, Sullana, Piura, Perú.

⁴ Ingeniero Economista. Magister en Administración y Finanzas. Docente de la Universidad Nacional de Frontera, Email: jsanchezc@unf.edu.pe, <https://orcid.org/0000-0001-9466-565X>, Sullana, Piura, Perú.

⁵ Economista. Mg. en Ciencias Económicas. Docente Ordinario de la Universidad Nacional de Frontera, Email: esanchezp@unf.edu.pe, <https://orcid.org/0000-0001-6848-0838>, Sullana, Piura, Perú.

⁶ Economista. Mg. En Docencia Universitaria e investigación pedagógica. Docente de la de la Universidad Nacional de Frontera, Email: csandoval@unf.edu.pe, <https://orcid.org/0000-0003-3795-6703>, Sullana, Piura, Perú.

1. INTRODUCCIÓN

Dentro de la formación integral que se requiere brindar a todo futuro profesional, las habilidades sociales ocupan un lugar esencial, expectante; sin embargo, se tiene dos realidades adversas: primera realidad, dentro de la mayoría de los currículos de estudio a nivel universitario no se incluyen ni cursos ni talleres curriculares que desarrollen dichas habilidades sociales entre los estudiantes; y la segunda realidad es que los propios estudiantes vienen a iniciar su vida universitaria con un nivel muy limitado de habilidades sociales, ante lo cual y por la primera realidad expuesta, la universidad no tiene implementados de manera permanente, mecanismos que permitan potenciar el desarrollo de habilidades sociales y así contribuir a una formación integral.

Por tanto, estamos ante una realidad problemática recurrente en los claustros universitarios y que urge abarcar con propuestas de solución con un enfoque psicopedagógico como son los programas de intervención.

Al abordar las habilidades sociales nos referimos a un conjunto de capacidades y comportamientos que permitirían a los estudiantes interactuar de manera efectiva y empática con los demás. Son habilidades fundamentales para iniciar y mantener relaciones positivas, tanto a nivel personal como profesional. Como menciona Morán y Olaz (2014) todas las áreas del saber relacionadas con el ser humano y el contexto en el que se desenvuelven han sido incluidas en el estudio de las habilidades sociales.

Asimismo, Ordaz (2013) detalla que es ampliamente comprendido que la educación tiene como objetivo formar personas responsables socialmente. El aprendizaje de habilidades sociales tiene un impacto real, ya que sin ellas es imposible comprometer a los estudiantes en el mundo en el que se encuentran. Por lo tanto, se puede inferir que, durante todas las etapas y niveles educativos, el desarrollar o potenciar las habilidades sociales se convierte en una actividad necesaria a ejecutar por parte de las instituciones educativas, incluyendo la universidad.

Como nos menciona Zavala et al. (2008) las habilidades sociales se adquieren en la primera infancia y posteriormente se van transformando (consolidando) hasta la época de la adolescencia, por tanto, es común pensar que este tema de habilidades sociales sólo corresponde a la educación básica regular (en otras palabras, es trabajo de los colegios), relegándose a un segundo plano en la educación superior y especialmente en la universitaria. Pero si bien es cierto los estudiantes universitarios poseen ya un nivel de desarrollo en habilidades sociales, en el ámbito universitario se puede potenciar, a través de sesiones de entrenamiento dentro de un plan de intervención psicopedagógico.

De manera mucho más específica podemos describir que entre las principales habilidades sociales que podemos potenciar tenemos (sin ninguna preponderancia en el orden mostrado): comunicación verbal, como la habilidad tanto para hablar clara y coherentemente y también escuchar activamente; comunicación no verbal, uso de gestos y expresiones faciales y corporales que refuerzan lo que se está hablando verbalmente; empatía, comprender y compartir los sentimientos de otra persona, “ponerse en sus zapatos”; escucha activa, habilidad de prestar atención plena y consciente, mostrando interés genuino y retroalimentando adecuadamente; asertividad, consiste en poder expresar opiniones de forma clara y respetuosa; resolución de conflictos, que es poder resolver conflictos de manera constructiva; trabajo en equipo, lograr trabajar bien con otros para lograr objetivos comunes; manejo de las emociones, habilidad de regular las propias emociones; adaptabilidad, capacidad de regular el comportamiento según las diversas circunstancias que se puedan presentar; cortesía y respeto, tratar siempre a los demás con amabilidad y consideración.

Entonces, ante todo la realidad presentada, la presente investigación se orientó a el objetivo de proponer la implementación de un programa de intervención psicopedagógica en habilidades básicas de interacción social para potenciar las relaciones interpersonales entre los estudiantes de nivel universitario.

La importancia de este trabajo se sustenta justamente en la inherente importancia de las habilidades sociales para estudiantes de cualquier nivel. Recordemos que las habilidades sociales es realidad son importantes por diversas razones, en especial por el impacto significativo en aspectos de la vida personal y profesional. De manera detallada potenciar las habilidades sociales es importante porque entre otros resultados: mejora las relaciones interpersonales, manteniendo relaciones positivas y saludables; éxito profesional, ya que permiten mejorar el desempeño y abrir oportunidades laborales; salud mental y bienestar, pues las interacciones sociales positivas contribuyen significativamente al bienestar emocional y mental, además de reducir el estrés y la ansiedad; eficiencia en resolución de conflictos, encontrando soluciones que beneficien a todas las partes involucradas; incremento de la autoestima y la confianza, reforzando la autoimagen positiva; influencia y persuasión, muy útil para ejercer un eficiente liderazgo; desarrollo personal, en especial desarrollo de nuevas expectativas y habilidades; cohesión social, permitiendo la convivencia pacífica.

Concretizando, las habilidades sociales son altamente fundamentales para el éxito integral en la vida de una persona, en especial de un estudiante y futuro profesional. El implementar herramientas, como son los programas de intervención psicopedagógicos, para buscar desarrollarlas, mejorarlas y potenciarlas puede llevar a relaciones personales más satisfactorias, mejores oportunidades a nivel laboral, y un general un mayor bienestar; con lo cual se justifica el haber realizado, y buscar implementar, la presente investigación.

Ante todo el planteamiento y detalle expuesto en los párrafos anteriores sobre la problemática del abordamiento de las habilidades sociales a nivel universitario y la imperiosa necesidad de potenciarlas en beneficio de nuestros estudiantes se planteó la siguiente formulación del problema: ¿Cómo debería ser una propuesta para implementar un programa de intervención psicopedagógico en habilidades básicas de interacción social que permita potenciar las relaciones interpersonales entre los estudiantes de nivel universitario?

2. MÉTODOS Y MATERIALES

La investigación desarrollada trabajó con un diseño no experimental, del tipo documental y a nivel propositivo; en consecuencia, no se definió ni población, ni muestra a nivel de los grupos de intervención. En cuanto al enfoque, la investigación fue cualitativa y a nivel descriptiva.

Como instrumento de consulta se ha referenciado al Cuestionario de Habilidades de Interacción Social – CHIS desarrollado por Monjas (2012), el cual es ampliamente utilizado para evaluar las habilidades sociales tanto a nivel del ámbito educativo como psicológico, identificando fortalezas y áreas de mejora en las competencias sociales de los intervenidos psicopedagógicamente.

Hay que destacar que, entre los componentes del CHIS, de acuerdo a la misma autora Monjas (2012), podemos mencionar: habilidades de comunicación, para iniciar, mantener y finalizar conversaciones de manera adecuada; empatía, comprender las emociones de los demás; asertividad, poder expresar sentimientos, deseos y necesidades de manera apropiada; resolución

de conflictos, manejar y resolver desacuerdos de manera constructiva; cooperación, poder trabajar en equipo; autocontrol: manejar las propias emociones y comportamientos.

El propósito de una intervención psicopedagógica, tal como lo propone nuevamente Monjas (1997) está dirigida al desarrollo de las habilidades de interacción social de nuestros estudiantes, modificando y/o potenciando las capacidades, destrezas, habilidades y actitudes que poseen en el área personal – social.

El esquema metodológico que se utilizó para plantear la propuesta desarrollada en el presente documento, inicia con el análisis del contexto de la entidad universitaria, identificando su ubicación, realidad socio económica, historia, infraestructura y estamentos que la conforman, para lo cual se realizó una revisión de los documentos de gestión que permitan caracterizar e identificar las necesidades de los potenciales intervenidos psicopedagógicos.

Como segunda acción se procedió a revisar y analizar los objetivos, componentes, aplicaciones y usos del Cuestionario de Habilidades de Interacción Social (CHIS) especialmente en las áreas de habilidades básicas de interacción social y las habilidades para hacer amigos y amigas; esto con la finalidad de generalizar actividades que al implementarse a través de sesiones específicas a desarrollar en aula permitan potenciar las habilidades antes indicadas.

De manera complementaria, pero no obligatoria, se realizaron entrevistas con docentes que desarrollan funciones de tutoría para conocer sus percepciones sobre habilidades a potenciar en los estudiantes, siempre a partir de las áreas y habilidades que propone el CHIS. Adicionalmente y de manera muy necesaria se ha revisado textos y documentos de algunos autores referidos a la construcción e implementación de programas de intervención psicopedagógicos, como el caso de Aguilar et al. (2014) quien nos propone un programa para el desarrollo de habilidades sociales, o Alarcón (2008) quien propone algunos diseños para investigar comportamientos.

3. RESULTADOS Y DISCUSIONES

Como punto de partida para la propuesta de un programa de intervención psicopedagógica en habilidades de interacción social se estableció un marco de referencia. En la Tabla 1 se detalla los ítems y sub ítems necesarios a detallar en el contexto de la entidad universitaria como parte del marco de referencia. En dicho marco de referencia se incluyen los ítems de un **marco general**, que incluye la ubicación geográfica de la universidad, la realidad socio – económica de sus estudiantes, la evolución histórica; **la estructura y organización de la institución**, donde se describe los órganos de gobierno y la organización de la universidad; **enseñanza – aprendizaje**, para detallar la dinámica de las clases y caracterizar a los docentes y estudiantes, además de incidir en los servicios de bienestar ofrecidos por la universidad y sobretodo en los servicios y/o programas de tutoría.

Tabla 1.

Marco de referencia para implementación de programas de intervención psicopedagógicos

Ítem	Sub ítems
Marco general	Descripción geográfica Descripción socio - económica Evolución histórica de la entidad Situación actual de la entidad Órganos de gobierno de la institución

Estructura y organización de la Organización institución

Enseñanza – aprendizaje

Horarios y calendario de actividades
 Dinámica de clases
 Conducta, urbanidad y participación
 Caracterización de docentes
 Caracterización de estudiantes
 Servicios de bienestar ofrecidos por la institución
 Descripción de servicios o programas de tutoría

A partir de este marco de referencia pasamos a identificar y limitar las áreas y habilidades sociales que se incluyeron en el programa de habilidades de interacción social, de acuerdo a lo que se propone en el CHIS que se está tomando como instrumentos de referencia.

De acuerdo a los autores Hernández y De la Rosa (2018), las habilidades de colaboración toman alta relevancia para la interacción social de los estudiantes. Así también Morales, Marrero y Caballero (2019) indican que el desarrollo de habilidades de interacción, son fundamentales para la formación integral del profesional, y por ello es necesario potenciarlas mediante la didáctica en la educación universitaria.

Específicamente se seleccionaron dos áreas, tal como se detalla en la Tabla 2, la primera es la que agrupa las habilidades básicas de interacción social, entre las que se destacan las habilidades específicas de sonreír y reír, saludar adecuadamente, presentarse adecuadamente, realizar favores en la medida de nuestras reales posibilidades a los demás, la cortesía y amabilidad que siempre debemos irradiar hacia los demás.

La segunda área engloba las habilidades para hacer amigos y amigas, concretamente las sub habilidades para reforzar a los otros, las adecuadas iniciaciones sociales, unirse naturalmente a conversaciones de terceros, brindar ayuda dentro de nuestras capacidades, compartir y cooperar con nuestro entorno.

Tabla 2.

Áreas de habilidades y sub habilidades específicas a abarcar en el programa

Área	Ítem
1. Habilidades básicas de interacción social	1.1. Sonreír y reír 1.2. Saludar 1.3. Presentaciones 1.4. Favores 1.5. Cortesía y amabilidad
2. Habilidades para hacer amigos y amigas	2.1. Reforzar a los otros 2.2. Iniciaciones sociales 2.3. Unirse a conversaciones con otros 2.4. Ayuda 2.5. Compartir y cooperar

Posteriormente se identificó y luego se procedió a analizar los ítems del CHIS (detallados en la Tabla 3 y 4) relacionados a las dos áreas seleccionadas previamente, esto para poder generalizar actividades que, al implementarse a través de sesiones específicas a realizar en aula, permitan

potenciar habilidades y sub habilidades puntuales que son importantes para ocuparse de sus propias emociones y vivir en sociedad (Patricio et al., 2015).

Tabla 3.

Relación de sub habilidades del Área 1 con ítems identificados en el CHIS

Sub habilidad	Ítem identificado del CHIS
1.1. Sonreír y reír	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Me río con otras personas cuando es oportuno. ▪ Sonríó a los demás en las situaciones adecuadas.
1.2. Saludar	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Saludo de modo adecuado a otras personas. ▪ Respondo adecuadamente cuando otros me saludan.
1.3. Presentaciones	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Me presento ante otras personas cuando es necesario.
1.4. Favores	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Pido favores a otras personas cuando necesito algo. ▪ Hago favores a otras personas en distintas ocasiones.
1.5. Cortesía y amabilidad	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Respondo adecuadamente cuando se dirigen a mí de modo amable y educado. ▪ Pido las cosas por favor, digo gracias, me disculpo, etc.

Tabla 4.

Relación de sub habilidades del Área 2 con ítems identificados en el CHIS

Sub habilidad	Ítem identificado del CHIS
2.1. Reforzar a los otros	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Digo cosas positivas a otras personas. ▪ Respondo adecuadamente cuando otras personas me elogian o hacen cumplidos.
2.2. Iniciaciones sociales	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Inicio actividades con otras personas. ▪ Respondo de manera apropiada cuando otros quieren realizar una actividad conmigo.
1.3. Unirse a conversaciones	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Me junto con otros que están realizando alguna actividad.
1.4. Ayuda	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Pido ayuda a otras personas cuando lo necesito.
1.5. Compartir y cooperar	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Coopero con otros en diversas actividades. ▪ Comparto mis cosas con otras personas.

Teniendo ya trazados el marco de referencia del contexto, teniendo seleccionadas las áreas, habilidades y sub habilidades específicas de interacción social que se abordarán, habiéndose ya identificado los ítems relacionados en el CHIS, se procedió a implementar la propuesta de un programa de intervención psicopedagógico.

Esta propuesta se orientó sobre lo que indica en primer lugar el autor Rojas (2018) respecto a que una intervención del tipo psicopedagógica tiene que ver tanto con las necesidades psicológicas como con las educativas de un estudiante o de un grupo de estudiantes; y sobretodo se orientó en lo que indica uno de los más grandes referentes en psicopedagogía como es Bisquerra (2010) quien detalló que la intervención consiste en un proceso especializado de ayuda, es decir llevar a la práctica las tradicionales sesiones de orientación, por lo cual, se propone complementar o suplementar la enseñanza habitual sea con un propósito de carácter correctivo, de prevención o de desarrollo.

La propuesta consistió en definir y desarrollar por cada habilidad seleccionada un conjunto de sesiones, que en base a un objetivo definido y con un conjunto de estrategias psicopedagógicas aplicas, se ejecuten una serie de actividades en base a una serie de recursos y tiempos establecidos se logren indicadores que reflejen el desarrollo o potenciación de las habilidades abarcadas en dicha sesión.

En la Tabla 5 y Tabla 6 se esquematizan las propuestas de sesiones a ejecutar para la intervención psicopedagógica en las habilidades seleccionadas.

Tabla 5.

Esquematización de propuesta sesiones del plan de intervención psicopedagógica en habilidades básica de interacción social

Habilidad	Sesión	Objetivo de la Sesión	Estrategia Psicopedagógica	Actividad
Presentaciones y favores.	01	Conocer el programa de intervención psicopedagógica en habilidades sociales.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Dinámica Grupal. 	Presentan a sus compañeros adecuadamente.
Saludar, sonreír y reír.	02	Valorar la importancia de las habilidades sociales en nuestra vida cotidiana.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Instrucción. ▪ Practica. ▪ Retroalimentación. ▪ Reforzamiento. 	Practica el saludar, reír y sonreír en dramatizaciones.
Cortesía y amabilidad.	03	Aplicar en diferentes situaciones la cortesía y amabilidad.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Instrucción. ▪ Practica. ▪ Retroalimentación. ▪ Reforzamiento. 	Demostrando nuestra cortesía y amabilidad.

Tabla 6.

Esquematización de propuesta sesiones del plan de intervención psicopedagógica en habilidades para hacer amigos y amigas

Habilidad	Sesión	Objetivo de la Sesión	Estrategia Psicopedagógica	Actividad
Reforzar a los otros.	04	Identificar formas y maneras para reforzar a los otros.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Dinámica grupal ▪ Instrucción. ▪ Practica. ▪ Retroalimentación. ▪ Reforzamiento. 	Nuestro refuerzo hacia los otros.
Iniciaciones sociales.	05	Identificar formas y maneras adecuadas de iniciaciones sociales.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Instrucción. ▪ Practica. ▪ Retroalimentación. ▪ Reforzamiento. 	Las iniciaciones sociales.
Ayuda.	06	Aplicar en diferentes situaciones y personas el brindar ayuda.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Dinámica grupal. ▪ Instrucción. ▪ Practica. ▪ Retroalimentación. ▪ Reforzamiento. 	Ayudando a los demás.
Cooperar y compartir.	07	Aplicar la cooperación y el compartir con los demás.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Dinámica grupal. ▪ Instrucción. ▪ Practica. ▪ Retroalimentación. 	Cooperando y compartiendo con el grupo.

Implementar mecanismos que permitan desarrollar las habilidades de interacción social de los estudiantes es y será uno de grandes retos de las instituciones universitarias en general en nuestro país, para que de esa manera poder potenciar la dimensión social en la formación de los futuros profesionales. Las corrientes tradicionales siempre han enfatizado y se han centrado únicamente en el proceso enseñanza aprendizaje orientado a la especialización, es decir la dimensión académica, omitiendo casi por completo todas las otras dimensiones indispensables para lograr una formación integral.

En cuanto a la intervención de tipo psicopedagógica esta siempre debe ser un proceso muy especializado de apoyo, soporte y ayuda, por tanto, como ya se ha mencionado, debe ser el nivel más práctico de la tutoría y orientación, con actividades que se encaminen a posibilitar acciones de tipo correctivo, de prevención o de desarrollo a nivel personal – social de nuestros estudiantes.

Dentro del marco que se tomó como referencia se identifican seis (06) áreas en que se agrupan las habilidades: habilidades básicas de interacción social, habilidades para hacer amigos, habilidades conversacionales, habilidades relacionadas a los sentimientos y emociones, habilidades para solución de problemas y habilidades para relacionarse con los mayores. Pero para la implementación del programa propuesto sólo se limitó a las dos primeras áreas, las referentes a la interacción social y a poder hacer amigos. Esta selección se sustenta en cuanto a que lo que se priorizó es en primer lugar potenciar las habilidades base, para posteriormente consolidar habilidades más complejas; en segundo lugar, esta selección responde a que cómo resultado en el

corto plazo se requiere en nuestros estudiantes desarrollar y/o potenciar tres aspectos primordiales para su crecimiento personal – social como son la autoestima, la empatía y la conducta asertiva.

Castañeda (2013) refiere la autoestima como una evaluación que la persona se hace así mismo, trazando una percepción de sus capacidades y cualidades y poniendo de manifiesto una aprobación o desaprobación hacia el resultado de dicha percepción.

En cuanto a la empatía, Bassi (2016) la define como la capacidad que tenemos los seres humanos para comprender los problemas complejos de los demás y la predisposición para colaborar en resolverlos.

En cuanto al desarrollo del plan de intervención se consideró en total siete (7) sesiones, tres (3) para las habilidades básicas de interacción social y cuatro (4) para las habilidades para hacer amigos y amigas. Cada sesión se estructuró para una duración de cien (100) minutos y con una periodicidad intersemanal, comenzando desde la segunda semana del ciclo en curso y terminado en la semana catorce.

En cuanto a las estrategias psicopedagógicas que se seleccionaron para la implementación del plan de intervención podemos mencionar dinámicas grupales, como parte del inicio de las sesiones; instrucción, fundamentalmente a cargo de los docentes; práctica, a cargo de los participantes; retroalimentación, con la finalidad de establecer mejoras; y reforzamiento, orientado a potenciar las habilidades específicas abordadas en una sesión concreta.

4. CONCLUSIONES

Como ya se ha destacado, cada vez es más importante que las instituciones de educación a nivel universitario se centren en el desarrollo integral de sus estudiantes, es decir no sólo se oriente al área académica sino también a potenciar el área personal – social. Para ello se planteó el programa de intervención psicopedagógico, llegando a las siguientes conclusiones:

- La intervención psicopedagógica debe garantizarse como un proceso altamente especializado de apoyo y ayuda hacia los participantes; debe ser de un nivel muy práctico de la tutoría y orientación, y debe posibilitar implementar acciones de tipo correctivo, de prevención o de desarrollo a nivel personal – social.
- La implementación del programa propuesto sólo se limitó a dos áreas, las referentes a la interacción social y a poder hacer amigos. La selección se sustentó en cuanto a que se priorizó potenciar las habilidades de base, y posteriormente consolidar habilidades más complejas; además de que esta selección respondió al desarrollo y/o potenciar tres aspectos primordiales para su crecimiento personal – social como son la autoestima, la empatía y la conducta asertiva.
- El programa se estructuró en base a un total de siete (7) sesiones, tres (3) para las habilidades básicas de interacción social y cuatro (4) para las habilidades para hacer amigos y amigas. Para que la sesión sea efectiva se consideró una duración de cien (100) minutos y con una periodicidad intersemanal, comenzando desde la segunda semana del ciclo en curso y terminado en la semana catorce, para no distraer a los estudiantes en las semanas finales del ciclo que son de evaluaciones.
- Respecto a las estrategias psicopedagógicas que se seleccionaron para la implementación del plan de intervención se incluyen dinámicas grupales, instrucción, práctica, retroalimentación y reforzamiento.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alarcón, R. (2008). *Métodos y diseños de investigación del comportamiento*. Lima: Editorial Universitaria.
- Aguilar, G., Peter de Bran, M. y Aragón de Herrarte, L. (2014). *Desarrollo de habilidades sociales en niños y adolescentes. Programa para padres, docentes y psicólogos*. México, D.F.: Trillas.
- Bassi, F. (2016). *La importancia de la empatía en la educación*. Artículo Científico, Instituto Alana/Ashoka, Sao Paulo. Recuperado el 24 de Mayo de 2020, de https://escolastransformadoras.com.br/wp-content/uploads/2017/07/ESCUELAS-TRANSFORMADORAS_Importancia_Empatia_Educacion.pdf
- Bisquerra, R. (2010). *La orientación como proceso educativo*. Morata.
- Castañeda, A. (2013). *Autoestima, claridad de autoconcepto y salud mental en adolescentes de Lima metropolitana*. Tesis para obtener el título de licenciada en psicología. Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima –Perú. Recuperado de: http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/123456789/5094/CASTANEDA_DIAZ_ANA_AUTOESTIMA_ADOLESCENTES.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Hernández, C. y De la Rosa, M. (2018). Percepción de mejora de las habilidades comunicativas en estudiantes universitarios. *Revista de la Educación Superior*, 47(186) 119-135. <https://bit.ly/333RN5O>
- Monjas, M. I. (2012). *Programa de enseñanza de habilidades de interacción social (PEHIS)*. Madrid: CEPE
- Monjas, M. I. (1997). *Programa de enseñanza de habilidades de Interacción social*. Madrid: Ciencias de la Educación Preescolar y Especial.
- Morales, B., Marrero, Y. y Caballero, E. (2019). *Concepción del desarrollo de habilidades comunicativas en la formación inicial del maestro*. *Transformación*, 15(2), 156-170. <https://bit.ly/2RWfjeC>
- Morán, V. y Olaz, F. (2014). Instrumentos de evaluación de habilidades sociales en América Latina: un análisis bibliométrico. *Revista de Psicología*, 23(1), 93–105. <https://doi.org/10.5354/0719-0581.2014.32877>
- Ordaz, M. (2013). La educación de habilidades sociales desde la Extensión Universitaria. Propuesta de acciones. *Educación Em Revista*, 50, 269–283.
- Patricio, M., Maia, F. y Bezerra, C. (2015). Las habilidades sociales y el comportamiento infractor en la adolescencia. *Subjetividad y Procesos Cognitivos*, vol. 19, N. 2, pp. 17-38.
- Rojas Valladares, A. (2018). *La orientación psicopedagógica en el contexto educativo*. Universo Sur.
- Zavala, M., Valadez, M. y Vargas, M. (2008). Inteligencia emocional y habilidades sociales en adolescentes con alta aceptación social. *Electronic Journal of Research in Education Psychology*, 6(15). <https://doi.org/10.25115/ejrep.v6i15.1291>

Revista Científica de la UNF - Aypate
Selección adversa y seguros privados de salud en el Perú

Adverse selection and private health insurance in Peru

Darwin Alejandro Siancas Escobar ¹
Universidad Nacional de Frontera, Sullana, Piura, Perú.

RESUMEN

Utilizando la metodología de los modelos probit binarios e información de la Encuesta Nacional de Hogares (ENAH), se analizó la probabilidad de acceder a un seguro privado de salud en el Perú, los resultados permitieron evidenciar, que las personas enfermas tienen una mayor probabilidad de acceso a un seguro privado de salud, evidenciando la hipótesis de selección adversa. En contraste, la edad del individuo mostró un resultado negativo, revelando que a medida que aumenta la edad del individuo, disminuye la probabilidad de acceso a seguros privados. Por su parte, el nivel educativo, el sexo, el estrato geográfico y el ingreso promedio, incrementan la probabilidad de acceder a un seguro privado de salud.

Palabras Clave: Selección adversa, información asimétrica, seguros de salud.

ABSTRACT

Using the methodology of binary probit models and information from the National Household Survey (ENAH), the probability of accessing private health insurance in Peru was analyzed. The results showed that sick people have a greater probability of access to private health insurance, evidencing the hypothesis of adverse selection. In contrast, the age of the individual showed a negative result, revealing that as the age of the individual increases, the probability of access to private insurance decreases. For their part, educational level, sex, geographic stratum and average income increase the probability of accessing private health insurance.

Keywords: Adverse selection, asymmetric information, health insurance.

¹ Economista, Docente Ordinario Asociado, Facultad de Ciencias Económicas y ambientales de la Universidad Nacional de Frontera, Email: dsiancas@unf.edu.pe, <https://orcid.org/0000-0001-5864-7606>, Sullana, Piura, Perú.

1. INTRODUCCIÓN

La literatura sobre la información asimétrica, se remonta a Arrow (1963) donde resaltaba que la importancia económica de relaciones personales y familiares especiales, estaba basada en relaciones ajenas al mercado que creaban garantías de un comportamiento que, de otro modo, se veía afectado en un contexto de incertidumbre excesiva. La incertidumbre, suministrada por un sistema impersonal de precios, obligaba a los individuos a tener una descripción incompleta de la realidad,

Por su parte, Akerlof (1970), la dificultad de distinguir los productos o servicios de buena calidad de los de mala calidad, es inherente al mundo empresarial; esto de hecho puede explicar muchas instituciones económicas y, de hecho, puede ser una de los más importantes aspectos de la incertidumbre. Por lo que, el mercado de los seguros se caracteriza por una serie de asimetrías en la información. Para Nicholson (2009) la mayor parte de ellas surge por la diferencia de información entre compradores y vendedores de seguros, respecto al hecho incierto objeto del seguro.

Pindick (2008) la selección adversa, existía, cuando se vendían productos de distinta calidad a un único precio, lo que dificultaba a compradores o vendedores identificar la verdadera calidad del producto al momento de la compra, lo que traía como consecuencia que en el mercado se vendiera una cantidad demasiado grande del producto de mala calidad y una cantidad excesivamente pequeña del producto de buena calidad.

Por su parte, para Bardey y Buitrago (2016) la selección adversa en un mercado de aseguramiento en salud, se presentaba cuando la elección del seguro respondía a un proceso de autoselección de los individuos en el plan que mayor beneficio les reportaba, teniendo en cuenta, el conocimiento previo y futuro de su estado de salud y de la evaluación de la calidad de los servicios de salud ofrecidos por los aseguradores. Las personas con mayor riesgo de enfermedad estaban dispuestas a pagar más por planes de seguro con mayor cobertura.

Por lo tanto, para Bolin, et.al, (2010) a medida que el individuo envejecía, en primer lugar, aumentaba la probabilidad de sufrir crisis de salud adversas y, por lo tanto, se fortalecía el incentivo para mantener un seguro de salud. En segundo lugar, una tasa salarial más alta implicaba que el valor actual del seguro de salud aumentaba, ya que las pérdidas potenciales de ingresos son mayores cuando la tasa de salario era más alta y en tercer lugar, más educación significaba mejores oportunidades en el mercado laborales, por lo tanto, un individuo que tenía un título universitario valoraba más seguro médico respecto a un individuo con menos educación.

En ese sentido, para (Rothschild y Stiglitz,1976) los individuos de alto riesgo o enfermos ejercían una externalidad negativa sobre los individuos de bajo riesgo o sanos, la externalidad era completamente disipativa, por lo que existían pérdidas de bienestar para los individuos de bajo riesgo.

De otro lado, para Dionne (2001) la asimetría de información era un tanto ventajosa para las personas de alto riesgo, ya que, al existir información asimétrica, no se les cobraba la totalidad de la prima de riesgo correspondiente a su estado de salud. En este contexto, al elegir un contrato de bajo riesgo, el vendedor busca equilibrar la oferta de los contratos de bajo riesgo y alto riesgo, los contratos de bajo riesgo tendrían mayor aceptación por parte de los compradores, pero otorga pequeñas ganancias, en contraste, los contratos de alto riesgo, eran solo aceptado por algunos, pero eran más rentables. Para Belli (2001) las compañías de seguros subestiman las ofertas contractuales de las demás para atraer un riesgo bajo. El equilibrio se caracterizaba por una

cobertura de seguro inferior a la óptima y, bajo la hipótesis de comportamiento miope de aseguradoras y asegurados, no podía existir equilibrio.

En tanto, para Johhanes (2017) la elección de seguro de un individuo podría ser subóptimo cuando era inducido por una fricción o restricción que no se consideraba relevante para el bienestar. Cuando estas limitaciones afectaban a los individuos de manera diferente, pero no podían identificarse individualmente, no se podía encontrar ninguna asignación dominada por el bienestar para un individuo en particular, basado en su elección observada. No obstante, Finkelstein y Poterba (2000) indicaban que las compañías aseguradoras podían ofrecer un menú de contratos de seguros con diferentes características, que permitiría a los clientes auto seleccionarse de acuerdo a su tipo de riesgo que ya conocían en privado.

Así, para Meza et al., (2001) si el comportamiento era impulsado por un optimismo heterogéneo en lugar de preferencias por el riesgo, los resultados de bienestar se invertirían y los tipos más optimistas tendían a ser los menos dispuestos a comprar un seguro, combinado a la actitud de que todo va estar bien, disminuían los incentivos a tomar precauciones. En el mismo sentido, Seinfeld y La Serna (2007) afirmaban que si la persona tenía mayor riesgo de enfermarse, su disposición a pagar era mayor, por su parte, mientras más hospitalizaciones habría enfrentado el individuo o algún miembro de su familia, la disposición a pagar era mayor.

De otro lado, Obeng (2009), en un estudio para Ghana, evidenció que la adquisición de un seguro por parte de los individuos, estaba condicionado por las expectativas futuras, las personas que compraban un seguro tenían mayores probabilidades de tener una mayor tasa de consumo de servicios de atención médica, que las personas sin seguro, y la gente compraba un seguro debido a su menor estado de salud o alta tasa de consumo futura esperada.

Así, Hendren (2020) el excedente de mercado tradicional no capturaba el valor del seguro contra el riesgo que se había revelado en el momento en que las personas elegían un seguro. Por el contrario, la utilidad esperada ex ante proporcionaba un marco de bienestar coherente para estudiar las pólizas de seguro óptimas. Las medidas ex ante de bienestar diferían del excedente de mercado tradicional porque medían la utilidad esperada antes de que las personas conozcan su disposición a pagar un seguro.

La presente investigación es importante, ya que permitió identificar los factores que influyen en la probabilidad de acceso a seguros privados de salud y también aportó evidencia empírica relevante para la toma de decisiones en políticas públicas de salud.

Así se planteó la siguiente pregunta de investigación: ¿Cuáles son los factores que explican la probabilidad de acceso a seguros privados de salud por parte de los individuos?

En lo que respecta los seguros privados de salud, Rothschild y Stiglitz (1976), plantean teóricamente, que si un individuo tiene un ingreso de W , en caso que ocurra un accidente o sufra una enfermedad, sus ingresos serán $W-d$. No obstante, el individuo puede asegurarse a sí mismo contra el riesgo de un accidente o sufrir una enfermedad, pagando una prima a una compañía de seguros de α_1 , a cambio del cual se le pagara $\hat{\alpha}_2$.

Si el individuo no cuenta con un seguro, sus ingresos considerando los dos estados con “enfermedad” o “sin enfermedad”, se expresan como $(W, W-d)$.

Si el individuo cuenta con un seguro, sus ingresos considerando los dos estados con “enfermedad” o “sin enfermedad”, se expresan como $(W - \alpha_1, W - d + \alpha_2)$ donde $\alpha_2 = \hat{\alpha}_2 - \alpha_1$. El vector $\alpha = (\alpha_1, \alpha_2)$ describe completamente el contrato.

En un mercado de seguros se negocian contratos, que permiten describir cómo funciona el mercado, por lo que es necesario describir las funciones de oferta y demanda de los participantes en el mercado. Aquí, hay solo dos tipos de participantes, individuos que compran seguros (Agentes) y empresas (Principal) que lo venden.

En la determinación de la demanda individual de seguros los contratos son sencillos. Un individuo compra un contrato de seguro para alterar su patrón de ingresos, teniendo en cuenta dos estados de la naturaleza.

W_1 , es el ingreso del individuo sino ocurriera un accidente o enfermedad y W_2 , es el ingreso del individuo si ocurriera lo contrario. Teniendo en cuenta los escenarios descritos se plantea la siguiente función de utilidad:

$$\hat{V}(p, W_1, W_2) = (1 - p)U(W_1) + pU(W_2) \tag{1}$$

Donde: $U()$, representa la utilidad del ingreso monetario y p , la probabilidad de un accidente.

La demanda individual puede derivarse de la ecuación (1). Un contrato α , su valor es:

$$V(p, \alpha) = \hat{V}(p, W - \alpha_1, W - d + \alpha_2) \tag{2}$$

De todos los contratos que se ofrecen el individuo elige el que maximiza $V(p, \alpha)$, dado que siempre tiene la opción de no comprar un seguro, un individuo comprará un contrato α solo si.

$$V(p, \alpha) \geq V(p, 0) = \hat{V}(p, W, W - d) \tag{3}$$

El modelo asume que las personas son idénticas en todo, excepto en la probabilidad de sufrir un accidente y que son adversas al riesgo. $U'' \leq 0$

En cuanto a la oferta de seguros, las empresas aseguradoras, deben decidir qué contratos deben ofrecer a la venta y a qué personas. El rendimiento de un contrato de seguro es una variable aleatoria. Suponemos que las empresas son neutrales al riesgo, que solo se preocupan por las ganancias esperadas, de modo que el contrato α cuando se vende a un individuo, quien tiene una probabilidad de sufrir un accidente de p , su valor es:

$$\pi(p, \alpha) = (1 - p)\alpha_1 - p\alpha_2 = \alpha_1 - p(\alpha_1 + \alpha_2) \tag{4}$$

En este contexto, se diseñó un modelo econométrico que permitió determinar la probabilidad de acceso a un seguro privados de salud en el Perú, se utilizó la metodología de los modelos probit binario (Cameron y Trivedi, 2005) y como fuentes de datos la Encuesta Nacional de Hogares, (INEI, 2019).

La presente investigación se formuló través de las siguientes preguntas: ¿Existe selección adversa en los seguros privados de salud en el Perú? y ¿Cuáles son los factores de acceso a un seguro privado de salud en el Perú?

Así, el objetivo de la presente investigación fue analizar el problema de selección adversa en los seguros privados de salud en el Perú y que factores influyen en su acceso. Planteándose como hipótesis general, existe un problema de selección adversa en los seguros privados de salud en el Perú.

2. MÉTODOS Y MATERIALES

2.1. Diseño de investigación

La investigación fue de diseño no experimental, cuantitativa, transversal, descriptiva, correlacional, causal (Hernández, et al., 2014).

2.2. Fuente de información y procesamiento de datos

Los datos provienen de la Encuesta Nacional de Hogares (ENAHOG, 2019), aplicada por el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), este cuestionario tiene por objetivo la obtención del comportamiento de variables económicas y sociales de la economía peruana, la muestra estuvo conformado por 116,520 observaciones.

El procesamiento estadístico y econométrico de los datos, se realizó utilizando el software estadístico STATA 16.

2.3. Estrategia empírica

Para determinar la probabilidad de que un individuo pueda acceder o no a un seguro privado de salud, se utilizó la metodología econométrica de los modelos de elección binaria, propuesta por Cameron y Trivedi (2005):

$$Y = \begin{cases} 1: \text{con probabilidad de } p \\ 0: \text{con probabilidad } 1 - p \end{cases}$$

Según la revisión de la literatura, el modelo más apropiado es el modelo probit, que especifica y asegura que la $0 < p_i < 1$, y se estima por el método de máxima verosimilitud bajo la siguiente función de probabilidad normal.

$$P(Y = 1/X) = \int_{-\infty}^{x'\beta} \phi(t)dt = \Phi(X'\beta)$$

Donde $Y=1$, describe la probabilidad de que individuo, tenga acceso a un seguro privado de salud y $Y=0$, describe la probabilidad de que individuo, no tenga acceso a un seguro privado de salud y $\Phi(.)$ corresponde a la probabilidad acumulada de la función de distribución normal.

Según tabla 1, se consideraron las siguientes variables:

Tabla 1.

Variables que explican la probabilidad de que el individuo acceda a un seguro privado de salud

Nomenclatura	Variabes	Hipótesis, signo esperado
Variable dependiente		
Salud	Si el individuo tiene acceso a un seguro privado de salud (1=Si, 0=No)	
Variabes independientes		

Penfer	Si el individuo, padece de alguna enfermedad (1=Si, 0=No)	
penfer	Si el individuo, padece de alguna enfermedad (1=Si, 0= No)	Positivo
sexo	Sexo del individuo (1=Hombre, 0=Mujer)	Positivo/negativo
educa	Nivel educativo del individuo (Nivel)	Positivo
edad	Edad del individuo (años)	Negativo
estgeo	Estrato geográfico del individuo (1=Urbano, 0=Rural)	Positivo/negativo
ingreso_prom	Ingreso promedio del individuo que pertenece a la PEA ocupada	Positivo

3. RESULTADOS Y DISCUSIONES

3.1. Resultados estadística descriptiva

Según tabla 2, el 1,2% de los encuestados contaba un seguro privado de salud, en contraste el 98,8%, manifestó no contar con este seguro.

Tabla 2.

Acceso a seguro privado de salud.

Seguro	Part. %
Si	1.2
No	98,8
Total	100,0

Fuente. ENAHO, 2019.

El padecer de alguna enfermedad, tiene efectos en el acceso a un seguro privado por parte de los individuos, según tabla 3, el 61,9% de los encuestados manifestó padecer de alguna enfermedad y el 38,1% manifestó no padecer enfermedad alguna.

Tabla 3.

Padece alguna enfermedad.

Seguro	Part. %
Si	61,9
No	38,1
Total	100,0

Fuente. ENAHO, 2019.

La variable sexo también tiene efecto positivo en el acceso al seguro privado de salud, según tabla 4, el 48,8% de los encuestados fueron hombres y 51,2% mujeres.

Tabla 4.

Sexo del individuo.

Sexo	Part. %
Hombre	48,8
Mujer	51,2
Total	100,0

Fuente. ENAHO, 2019.

El nivel educativo alcanzado por el individuo, también tiene efecto positivo en el acceso al seguro privado de salud, según tabla 5, el 11,3% de los encuestados contaba con estudios de educación primaria completa, el 18,5% con educación secundaria completa, el 5,7% con educación superior universitaria completa y solo el 1,7% con estudios de Postgrado.

Tabla 5.

Nivel educativo alcanzado por el individuo.

Nivel educativo	Part. %
Sin nivel	7,1
Educación inicial	5,1
Primaria incompleta	21,1
Primaria completa	11,3
Secundaria incompleta	15,4
Secundaria completa	18,5
Superior no universitaria incompleta	3,1
Superior no universitaria completa	6,2
Superior universitaria incompleta	5,0
Superior universitaria completa	5,7
Postgrado	1,3
Total	100,0

Fuente. ENAHO, 2019.

De otro lado, la edad muestra un efecto negativo en acceso a un seguro privado de salud, según tabla 6, el 11,7% de los encuestados era mayor a los 65 años, el 61,8% tenía entre 14 y 64 años y 26,5% entre 0 y 14 años.

Tabla 6.

Edad del individuo.

Edad	Part. %	Fuente.
0 a 14 años	26,5	
15 a 64 años	61,8	
mayor a 65 años	11,7	
Total	100,0	

ENAHO, 2019.

El estrato geográfico urbano, muestra un efecto positivo en el acceso a seguro privado de salud, según tabla 7, el 63,1% de los encuestados correspondían al ámbito urbano y 36,9% correspondían al ámbito rural.

Tabla 7.

Estrato geográfico.

Estrato	Part. %
Urbano	63,1
Rural	36,9
Total	100,0

Fuente. ENAHO, 2019.

El ingreso del individuo es una variable relevante en el acceso a un seguro privado de salud, según tabla 8, el 45,8% de los encuestados contaba con ingresos por arriba de los 1,500 soles mensuales y el 11% entre 1,000 y 1499.99 soles mensuales.

Tabla 8.

Nivel de ingreso del individuo

Nivel de ingreso	Part. %
Sin ingresos	9,9
Menos de 500 soles	18,6
Entre 500 y 999.99 soles	14,8
Entre 1000 y 1499.99 soles	11,0
De 1500 soles a más	45,8
Total	100,0

Fuente. ENAHO, 2019.

En la tabla 9, mostraron los resultados del efecto de las variables explicativas sobre la probabilidad de acceso a un seguro privado de salud.

Las variables que presentan una influencia positiva y en mayor magnitud y a un nivel de significancia del 1% sobre la probabilidad de que el individuo acceda a un seguro, son el estrato geográfico (0,838), el ingreso promedio (0,183) la existencia de alguna enfermedad (0,148) y el nivel educativo alcanzado por el individuo (0,107)

Por su parte, la variable sexo del individuo (0,0481), también mostró una influencia positiva, aunque de menor magnitud sobre la probabilidad que el individuo acceda a un seguro privado de salud, a un nivel de significancia del 5%.

De otro lado, la variable edad del individuo (-0,00193), presenta una influencia negativa sobre la probabilidad de acceso un seguro privado de salud, a un nivel de significancia del 5%.

Tabla 9.
Estimación Modelo Probit

Acceso a un seguro privado de salud	
Variables	Coefficientes
Padece de alguna enfermedad	0,148***
Prob.	(0,0241)
Sexo del individuo	0,0481**
Prob.	(0,0223)
Nivel educativo alcanzado por el individuo.	0,107***
Prob.	(0,00444)
Edad del individuo	-0,00193***
Prob.	(0,000618)
Estrato geográfico	0,838***
Prob.	(0,0592)
Ingreso promedio del individuo	0,183***
Prob.	(0,0118)
Constant	-4.412***
Prob.	(0,0802)

Standard errors in parentheses

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Finalmente, en la tabla 10, se evidenciaron los resultados de los efectos marginales de las variables explicativas en la probabilidad de acceso a un seguro privado de salud y la discusión de resultados.

Efecto de padecer una enfermedad. Si el individuo padece una enfermedad aumenta la probabilidad de acceder a un seguro privado de salud en 0.4 puntos porcentuales, lo que permite contrastar la hipótesis de selección adversa por parte del agente, evidenciado lo encontrado por, Santa María, García y Vásquez, (2009) las personas con mayor riesgo de enfermedad o enfermas están dispuestas a pagar más por planes de seguro con mayor cobertura, donde el agente cuenta con la mayor información disponible, generándose así, un proceso de autoselección y también por Bardey y Buitrago (2016) en los mercados de seguros de salud, la elección del seguro responde a un proceso de autoselección de los individuos en el plan que mayor beneficio les reporta, según el conocimiento previo y futuro de su estado de salud y de la evaluación de la calidad de los servicios de salud ofrecidos por los aseguradores

Sexo del individuo. Si el individuo es hombre presenta una probabilidad mayor en 0.1 puntos porcentuales de acceder a un seguro privado de salud respecto a las mujeres.

Nivel de estudios alcanzado por el individuo. Por cada nivel de estudios alcanzado por el individuo, aumenta probabilidad de acceder a un seguro privado de salud en 0.3 puntos porcentuales, evidenciado lo maifesttado por Bolin, et.al (2010) más educación significa mejores oportunidades en el mercado laborales, por tanto, un individuo que tenga un título universitario valorará más seguro médico que un individuo comparable con menos educación.

Edad del individuo. Por cada año de vida del individuo, disminuye la probabilidad de acceder a un seguro privado de salud, en 0.004 puntos porcentuales, evidenciando lo encontrado por Bolin, et.al (2010) a medida que el individuo envejece, la probabilidad de sufrir crisis de salud adversas aumenta y, por lo tanto, fortalece el incentivo para mantener un seguro de salud, no obstante, las compañías aseguradoras presentan una menor disposición de asegurar a los individuos cuando avanzan en edad.

Estrato del estrato geográfico. Los individuos que residen en el estrato urbano presentan una mayor probabilidad de acceder a un seguro privado de salud, en 3% puntos porcentuales respecto a los individuos que residen en zonas rurales.

Efecto del ingreso promedio del individuo que pertenece a la PEA ocupada. Por cada nivel de ingresos del individuo aumenta la probabilidad de acceder a un seguro en 0.6 puntos porcentuales, coincidiendo por lo señalado por Bolin, et.al (2010) una tasa salarial más alta significa que el valor actual del seguro de salud aumenta, ya que las pérdidas potenciales de ingresos son mayores cuando la tasa de salario es más alta, es decir al tener un mayor salario, los individuos a estar enfermos incurrir en costos de oportunidad más altos, incrementando así, los incentivos para tener un seguro.

Tabla 10.
Efectos marginales Modelo Probit

Acceso a un seguro privado de salud	
Variables	Efectos marginales
Padece de alguna enfermedad	0,004***
Prob.	(0,001)
Sexo del individuo	0,001**
Prob.	(0,001)
Nivel de estudios alcanzado por el individuo	0,003***
Prob.	(0,000)
Edad del individuo	-0,00006***
Prob.	(0,000)
Estrato geográfico	0,024***
Prob.	(0,002)
Ingreso promedio del individuo	0,005***
Prob.	(0,000)

Standard errors in parentheses

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.

4. CONCLUSIONES

- Los resultados y la evidencia empírica revisada, muestran que los individuos que padecen de alguna enfermedad muestran un efecto positivo y significativo y presentan una mayor probabilidad de acceder a un seguro privado de salud. Las personas enfermas tienen mayores incentivos y están dispuestas a pagar más por planes de mayor cobertura. Esta variable evidencia el problema de la selección adversa, ya que los individuos enfermos (Agentes) con el objetivo de obtener un seguro, ocultan información, que es desconocida por las empresas aseguradoras (Principal).
- Los mayores niveles de estudio, aumentan la probabilidad de acceder a un seguro privado de salud, las personas más educadas valoran más un seguro que las personas menos

Revista Científica de la UNF - Aypate
educadas, más educación, implica más salario y mejores oportunidades en el mercado laboral.

- La mayor edad del individuo disminuye la probabilidad de acceder a un seguro privado de salud, las empresas aseguradoras (Principal) consideran que a medida que el individuo (Agente) avanza en edad incrementa probabilidad de sufrir enfermedades.
- En base a la literatura revisada, se propone desarrollar estudios que permitan determinar la disposición a pagar de los individuos para acceder a un seguro privado de salud, teniendo en cuenta que las personas enfermas o con riesgo de sufrir enfermedades, tienen una mayor disposición a pagar que las personas sanas, los individuos al revelar sus preferencias permitirían a las empresas aseguradoras contar con mayor información disponible.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Akerlot, G. (Aug de 1970). The Market for "Lemons": Quakity Uncertainty and the Market Mechanism. *The Quartely Journal Economics*, 84(3), 488-500.
- Anfossi, M., López, N., Montoya, P., & Ramirez, M. (2017). *Planeamiento estrategico del sector seguros en el Perú*. Lima.
- Arrow, K. (1963). Uncertainty and the Welfare Economics of Medical Care. *The Americam Economic Review*, 53(3), pp. 941-973.
- Bardey, D., & Buitrago, G. (Octubre de 2016). Supplementary health insurance in the Colombian managed care system: ¿Adverse or advantageous selection? (U. d. Andes, Ed.) *CEDE - Facultad de Economía*, 32, 17.
- Belli, P. (March de 2001). How Adverse Selection Affects the Health Insurance Market. *Group Public Economics The World Bank Development*, 38.
- Bolin, K., Hedblom, D., Lindgren, A., & Lindgren, B. (january de 2010). ASYMETRIC INFORMATION AND THE DEMAND FOR VOLUNTRY HEALTH INSURANCE IN EUROPE. (N. B. RESEARCH, Ed.) Obtenido de www.nber.org.
- De Meza, D., & Webb, D. (Summer de 2001). Advantageous Selection in Insurance Markets. *The RAND Journol of Economics*, 32(2), PP. 249-262.
- Dionne, G., Doherty, N., & Fombaron, N. (2001). Adverse Selection in Insurance Markets. *École des Hautes Études Commerciales (HEC) Montréal*, pp. 86.
- Finkelstein, A., & Poterba, J. (December de 2000). Adverse Selection in Insurance Markets: Policyholder Evidence from the U.K. Annuity Market. *NATIONAL BUREAU OF ECONOMIC RESEARCH, Working Paper (8045)*, pp. 45. Obtenido de www.nber.org
- Finkelstein, A., & Poterba, J. (Diciembre de 2000). *NATIONAL BOUREAU ECONOMIC RESEARCH*. Obtenido de www.nber.org
- Hendren, N. (Febrruary de 2020). *Measuring Ex-Ante Welfare in Insurance Markets*. 66.
- Hendren, N. (Febrruary de 2020). *Measuring Ex-Ante Welfare in Insurance Markets*.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación (Sexta edición ed.)*. México, D.F.: MCGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.

- Nicholson, W. (2008). *Teoría Microeconómica, Teoría y Aplicaciones* (Novena edición ed.). México D.F: Cengage Learning, S.A.
- Obeng, C. (2009). Information Problem of Moral Hazard and Adverse Selection in a National Health Insurance: the case of Ghana. *Management Science and Engineering*, 3(3), 6.
- Pindick, R., & Rubinfeld, D. (2009). *Microeconomía* (Séptima edición ed.). Madrid: PEARSON EDUCACIÓN,S.A.
- Ramos, M., & Choque, R. (2007). *La educación como determinante social de la salud en el Perú*. Lima: Ministerio de Salu.
- Rothschild, M., & Stiglitz, J. (November de 1976). Equilibrium in Competitive Insurance Markets: An Essay on the Economics of Imperfect Information. *The Quarterly Journal of Economics*, 90(4), pp. 629-649.
- Rothschild, M., & Stiglitz, J. (Noviembre de 1976). Equilibrium in Competitive Insurance Markets: An Essay on the Economics of Imperfect Information. *The Quarterly Journal of Economics*, 90(4), 629-649.
- Santa María, M., García, F., & Vásquez, T. (2009). El sector salud en Colombia: Riesgo moral y selección adversa en el Sistema General de Seguridad Social en Salud. (Fedesarrollo, Ed.) *Coyuntura económica*, XXXIX(1), 23-62.
- Seinfeld, J., & La Serna, K. (2007). Avanzando hacia el aseguramiento universal: ¿Cómo lograr la protección en la salud de personas de ingresos medios y bajos. *Economía y Sociedad*, 54-60.
- Spinnewijn, J. (2017). Heterogeneity, demand for insurance and adverse selection. *American Economic Journal*, 9(1), pp. 308-343.
- Vásquez, J., & Gómez, K. (2004). Selección adversa en el régimen contributivo el caso de la EPS Susalud.

Implementación de un programa nacional de actividades espacial del proyecto JICAAT, Perú, 2023-2032

Implementation of a program national of activities space of the project JICAAT, Peru, 2023-2032

José Luis Huayanay Villar¹, David Correa Chilon², Danny Hernán Zambrano Carrera³

Grupo de Investigación Aerospace

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos campos, Brasil

Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Perú.

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo es proponer la implementación de un programa nacional de actividades espacial del proyecto Jornadas Internacional de Ciencias Avanzadas Astrodinámica y Teledetección (JICAAT), dirigida por el grupo de Investigación Aerospace de la empresa Villa Automation EIRL (V.A.), analizando sus problemas en el pasado reciente y enumerar algunas propuestas de solución para ser implementadas durante las próximas décadas. El grupo de Investigación propone desarrollar, Proyectos como Satélite JICAAT, Lanzadores JICAAT, Nano robots y otros. Esta iniciativa, reúne a varias instituciones interesadas en el desarrollo de tecnologías Aeroespacial, con el objetivo desarrollar prototipos y tecnologías para estudios ambientales, mitigación de basura espacial, cambio climático e impulsar la investigación. La necesidad de un acercamiento con la sociedad, para enfatizar la importancia de las actividades espaciales, se creó las Jornadas internacional de Ciencias Avanzadas Astrodinámica y Teledetección en 2021, que son organizadas todos los años con temas que abarcan sobre Matemática, Física, Estadística, Física Espacial, Astrodinámica, Ingenierías, ingeniería de tecnologías espacial y teledetección.

Palabras claves: Aerospace-V.A., Aeroespacial, JICAAT, Satélites, Lanzadores.**ABSTRACT**

The objective of this work is to propose the implementation of a national program of space activities of the International Conference on Advanced Sciences Astrodynamics and Remote Sensing (JICAAT) project, directed by the Aerospace Research group of the company Villa Automation EIRL (V.A.), analyzing its problems in the recent past and list some proposed solutions to be implemented during the coming decades. The Research group proposes to develop Projects such as Satellite JICAAT, Launchers JICAAT, Nano robots and others. This initiative brings together several institutions interested in the development of Aerospace technologies, with the aim of developing prototypes and technologies for environmental studies, space debris mitigation, climate change and promoting research. The need for a rapprochement with society, to emphasize the importance of space activities, the International Conference on Advanced Astrodynamics and Remote Sensing Sciences was created in 2021, which are organized every year with topics that cover Mathematics, Physics, Statistics, Space Physics, Astrodynamics, Engineering, space technology engineering and remote sensing.

Keywords: Aerospace-V.A., Aerospace, JICAAT, Satellites, Launchers.

¹Grupo de investigación Aerospace. Email: jhuayanay@unf.edu.pe , José.villar@inpe.br, <https://orcid.org/0000-0001-8389-7922>, Brasil

² Grupo de Investigación en Modelamiento Numérico en Mecánica de Fluidos, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Email: david.correa@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-4121-4131>, Lima, Perú.

³ Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos campos, Email: danny.carrera@inpe.br, <https://orcid.org/0009-0004-5498-7741>, Brasil.

1. INTRODUCCIÓN

El objeto de este trabajo es el Programa Espacial para Perú, en su realización. Se aborda el tema bajo una visión estratégica ante los nuevos retos que se debe plantear para el desarrollo, la innovación tecnológica nacional y la necesidad de obtener resultados concretos en el corto, mediano y largo plazo con un nuevo enfoque de su gestión estratégica y marca reglamentaria (Santos, 2009).

Que, mediante la Ley N° 27658, Ley Marco de Modernización de la Gestión del Estado Peruano, se establece que el proceso de modernización de la gestión del estado tiene como finalidad fundamental la obtención de mayores niveles de eficiencia del aparato, estatal, de manera que se logre una mejor atención a la ciudadanía, priorizando y optimizando el uso de los recursos públicos; con el objetivo de alcanzar un Estado, entre otros, al servicio de la ciudadanía y transparente en su gestión (Caipo, 2019)

Un primer ejemplo es el programa espacial brasileño implementado entre el 2012 a 2021 (Deute, 2007). Donde se propuso una serie de proyectos que diseñaron una expectativa en la que Brasil caminaría hacia el aumento de la autonomía en relación con a las actividades espaciales (Rodrigo, 2010). El programa demandaba recursos del orden de \$ 1002529350.00 dólares, en sus acciones finalistas, que impusieron la necesidad mantener un nivel medio de inversiones ingresos anuales de alrededor de \$ 115290875.25 dólares. Aparte de esto la cantidad, había previsiones de proyectos en sociedad con recursos externos al programa, del orden de \$ 601517610.00 dólares. El origen de estos recursos estuvo vinculado, en su totalidad, al presupuesto público, lo que puso al Estado en la posición de patrocinador principal de las actividades espaciales en el país. Estas cifras, sin embargo, nunca se materializaron en previsión presupuestaria formal. De hecho, entre 2012 y 2021, las acciones finales que se asociaron con el programa recibieron una asignación presupuestaria total de alrededor de \$ 401011740.00 dólares, valor muy por debajo de las necesidades originales (Rodrigo, 2010).

En los últimos años, Perú está tratando de incursionar en la era espacial (Gonzalez, 2015). Distintas universidades tanto públicas y privadas ya desarrollaron y diseñaron los primeros nanosatélites peruanos (Gonzalez, 2015), (Gabriela, 2022). Estos nanosatélites fueron CubeSats; es de forma cúbica y mide $10 \times 10 \times 10$ cm con una masa de 1 kg aproximadamente. Por otra parte, Perú firmó un contrato para la compra de un satélite de teledetección que se pondrá en órbita en julio de 2016. Además, hay profesionales peruanos y estudiantes participando en diferentes misiones para simular la exploración de Marte. José Luis Huayanay doctorando peruano del instituto de investigaciones espaciales de Brasil, viene investigando naves espaciales reutilizables (Andrade, 2021). Es necesario también que las grandes empresas sean capaces de liderar proyectos a gran escala y para proyectar grandes logros, es decir, negocios a escala global, en beneficio del país, de la población, de la economía nacional y de socios peruanos. Las actividades espaciales ya generan más de \$ 280 mil millones de dólares al año en todo el mundo (.

El Proyecto JICAAT surge en un momento en que inicia la nueva era de la carrera espacial y desarrollo de las industrias aeroespaciales, originando la colocación de miles de satélites de forma incontrolada que puede aumentar el riesgo de colisión de naves espaciales en órbita. Sin embargo, teniendo en cuenta que la mitigación de desechos para las misiones Lunares se puede abordar con los mismos enfoques y métricas que las órbitas terrestres.

Por un lado, el Proyecto satélite JICAAT, desarrollar competencias al igual que otros concursos de ingeniería, que estimula el desarrollo de habilidades profesionales esenciales,

genera la curiosidad de las personas, atrayendo a un público cada vez mayor a conocer más la importancia de área de espacio para la sociedad. Esta iniciativa permite el acercamiento entre los actores tradicionales del programa espacial y la nueva generación, interesada en el desarrollo de tecnología espacial.

Finalmente, para alcanzar los objetivos, los equipos integrados al grupo de investigación Aerospace-V.A. mediante el proyecto Satélite JICAAT y Lanzadores JICAAT, desarrollan actividades de Modelado, Diseño, Simulación de Sistemas de control, ensamblado y fabricación.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Este documento es parte integral del Proyecto JICAAT, donde el desafío es resolver problemas relacionados con el modelado de sistemas contextualizados en el desarrollo de Satélites, Lanzadores y Nano-robots espacial. El proyecto se establece en dos pilares didácticos: desarrollo de satélites artificiales que denominaremos **Satélite JICAAT I, II...**, desde sus conceptos teóricos hasta su fabricación con objetivos ambientales y mitigación de basura espacial y por el otro lado desarrollo de lanzadores pequeños de motor sólido y líquido que denominaremos **Lanzador JICAAT I, II...**, El proyecto desarrolla capacitaciones y desafíos relacionados con un tema de relevancia para el diseño de un dispositivo espacial: la ingeniería de sistemas; subsistema de Control y Determinación de Actitud; Subsistema de Abastecimiento de Energía; Subsistema de Tele comando y Telemetría; Subsistema informático de a bordo, robótica y manufactura, derecho espacial y administración comercial. El programa que se muestra en la Tabla 1 establece las fechas tentativas importantes para este desafío.

Tabla 1:

Fechas importantes para implementación del programa nacional de actividades espacial del proyecto JICAAT, Perú, 2023-2032

Fecha	Desarrollo
16/09/2022 (finalizo con éxito)	I jornada internacional de primavera en aplicación de astrodinámica y teledetección-JICAAT
24/08/2023 (finalizo con éxito)	II jornada internacional de ciencias avanzadas - astrodinámica y teledetección- JICAAT
11/01/2024 (finalizo con éxito)	III jornada internacional de ciencias avanzadas - astrodinámica y teledetección- JICAAT
10/10/2024 (En desarrollo)	IV jornada internacional de ciencias avanzadas - astrodinámica y teledetección- JICAAT *Desarrollo de prototipos-proyecto JICAAT I
11/01/2025 (programado)	V jornada internacional de ciencias avanzadas - astrodinámica y teledetección- JICAAT *Desarrollo de prototipos-proyecto JICAAT II
10/10/2025 (programado)	VI jornada internacional de ciencias avanzadas - astrodinámica y teledetección- JICAAT *Desarrollo de prototipos-proyecto JICAAT III
11/01/2026 (programado)	VII jornada internacional de ciencias avanzadas - astrodinámica y teledetección- JICAAT *Desarrollo de prototipos-proyecto JICAAT IV

Revista Científica de la UNF - Aypate

10/10/2026 (programado)	VIII jornada internacional de ciencias avanzadas - astrodinámica y teledetección- JICAAT *Desarrollo de prototipos-proyecto JICAAT V
11/01/2027 (programado)	IX jornada internacional de ciencias avanzadas - astrodinámica y teledetección- JICAAT *Desarrollo de prototipos-proyecto JICAAT VI
10/10/2027 (programado)	X jornada internacional de ciencias avanzadas - astrodinámica y teledetección- JICAAT *Desarrollo de prototipos-proyecto JICAAT VII
11/01/2027 (programado)	IX jornada internacional de ciencias avanzadas - astrodinámica y teledetección- JICAAT *Desarrollo de prototipos-proyecto JICAAT VIII
.	.
.	.
.	.
11/01/2032 (programado)	ix jornada internacional de ciencias avanzadas - astrodinámica y teledetección- JICAAT *Desarrollo de prototipos-proyecto JICAAT XVI

2.1. Fase de consolidación

En él, se debe completar proyectos ya iniciados en el pasado (ejemplo proyectos Satélite JICAAT realizados por el grupo de investigación Aerospace-V. A.) e iniciar otros, con el fin de ampliar y consolidar un conjunto de acciones encaminadas a incrementar la formación industrial, el dominio tecnológico, el desarrollo de capacidades y la regulación de actividades del espacio Tabla 2, lo que generará mejores condiciones para garantizar una mayor sostenibilidad al programa.

Tabla 2

Programación de inversiones en misiones espaciales, para el proyecto Satélite JICAAT.

Año (2023-2025)	Misiones Espaciales	Fase de consolidación	
		Nanosatélite de la serie JICAAT I	Nanosatélite de la serie JICAAT II
<i>Año</i> (2026-2032)	Misiones Espaciales	<i>Fase de expansión</i>	<i>Variantes de satélites JICAAT</i>
			<ul style="list-style-type: none"> • <i>satélitestipo JICAAT-I</i> • <i>Satélites tipo JICAAT-II</i> • <i>Sat/élites tipo JICAAT-III</i>

Los satélites artificiales varían en tamaño y coste en función de sus usos Tabla 3. Pueden ser tan pequeños como para caber en la palma de la mano o tan grandes como la ISS. Según la NASA, “en términos de masa, un nanosatélite (nanosat o nano satélite) es cualquiera con un peso entre 1 y 10 kilos”.

Tabla 3.

Tipos de satélites según su masa.

Satélites grandes	Más de 1,000
Satélites medianos	500-1,000 kg.
Satélites pequeños	
Minissatélite	100-500 kg.
Microssatélite	10-100 kg.
Nano satélite	1-10 kg.
Pico satélite	Menos de 1 kg.

Fuente. Información obtenida de Ricardo, C. C. L. (2020).

2.1. Fase de expansión

En él se lanzará y se desarrolla nuevos proyectos (proyectos lanzadores JICAAT), de mayor complejidad tecnológica y alto valor estratégico, imponiendo desafíos sin precedentes al programa, como muestra la Tabla 4 y Tabla 5. En su momento, seguramente tendremos empresas integradoras consolidadas, una cadena productiva estructurada, acceso al espacio conquistado, amplio dominio tecnológico y un equipo de número mucho mayor de especialistas capacitados.

Tabla 4.

Programación de inversiones en acceso al espacio, para el proyecto lanzadores JICAAT.

Año (2026-2032)	Acceso al Espacio	Fase de consolidación		
		Cohetes suborbitales	Vehículo lanzador JICAAT-1	Vehículo lanzador JICAAT-II

Año (2026-2032)	Acceso al Espacio	Fase de expansión	
		Vehículolanzador JICAAT-III	Vehículo lanzador JICAAT IV

Tabla 5.

Programación de inversiones en infraestructura y tecnología.

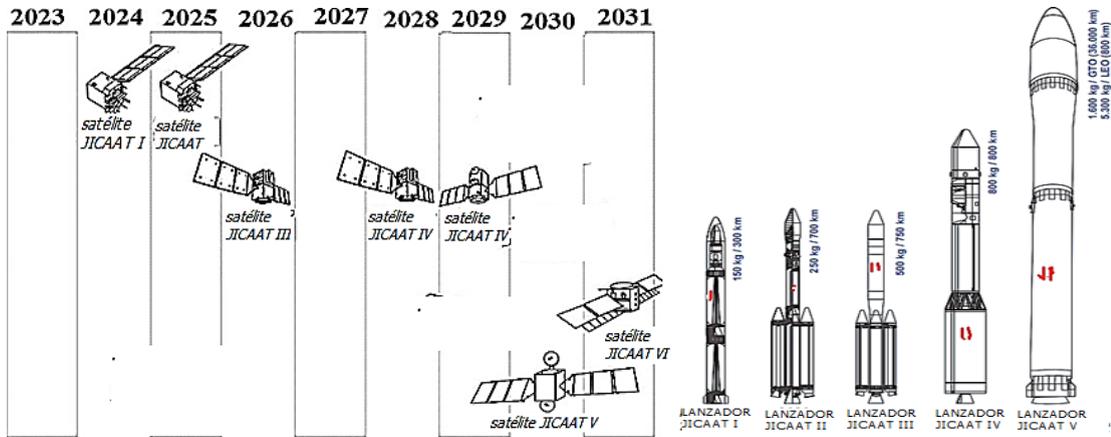
Año (2026-2032)	infraestructura	Infraestructura			
		Infraestructura y operación de misión espaciales	Infraestructura de acceso al espacio	Infraestructura específica para lanzamientos y satélites	Infraestructura General de lanzamientos

Año (2026-2032)	Tecnología de desarrolli miento competenci a	Tecnol ogía criticas	Satélites pequeños	Misiones científicas y tecnológicas	Investigación en clima y el espacio	Desarrollimien to de competencias

2.3. Programación de desarrollo del proyecto Satélite JICAAT

Figura 1.

Programación de posibles prototipos desarrollados por año del proyecto satélite JICAAT y lanzadores JICAAT (2023-2032).



En las figuras 1, se muestran el desarrollo de los prototipos del proyecto satélite y lanzadores JICAAT, de acuerdo al programa de la tabla 1, se observa que a inicios del 2023 y 2024, se desarrolla el primer prototipo satélite y lanzador JICAAT I, en esta primera etapa el satélite JICAAT I, es un CubeSat de 1U, con medida de 10 cm x 10 cm x 11,35 cm. En función de sus especificaciones, se puede construir y poner en órbita un satélite JICAAT I por 500.000 euros. Como referencia, el coste de un satélite convencional puede alcanzar los 500 millones de euros.

En la actualidad la carrera para desarrollar mini lanzadores espaciales que permitan poner en órbita cargas útiles de pequeño tamaño son importantes. La empresa VILLA AUTOMATION del país pretende desarrollar varios cohetes capaces de situar unos pocos centenares de kilogramos en órbita baja, como por ejemplo el V.A-I. Por ello el Lanzador JICAAT I, debe emplear tecnología desarrollada originalmente para misiles de combustible sólido con guiamento navegación y control.

2.4. Diseño y arquitectura de satélites y lanzadores JICAAT

Figura 2.

Diseño y arquitectura de satélites JICAAT



Nota. Ejemplo de prototipos de satélites JICAAT I (Figura izquierda) y JICAAT II (Figura derecha).

Tabla 6.
Detalles de satélites JICAAT, 2024

Aplicaciones	<ul style="list-style-type: none"> • Producción de imágenes de la Tierra desde el espacio para uso en agro negocios, medio ambiente, bosques secos, monitoreo de los recursos naturales y para otros fines. • Desechos espaciales
Objetivos estratégicos	<ul style="list-style-type: none"> • Autónoma Nacional. • Hacer más tecnológicamente la industria nacional competente y competitiva en los mercados nacionales y extranjeros. • Estimular innovaciones como el desarrollo de alto rendimiento y equipamiento que forman la plataforma del satélite. • Incentivar la investigación. • Mitigación espacial y concientización del espacio. • Para los primeros prototipos, obtención de datos de orbita. • Pruebas de estabilidad y control. • Búsqueda de nuevos socios para los prototipos siguientes. • Convenios interinstitucionales. • Búsqueda de investigadores que se integren al grupo de investigación Aerospace V.A.
Personas y Empresas participantes	<ul style="list-style-type: none"> • Equipos del grupo de investigación Aerospace V.A. • La empresa Villa Automation EIRL. • Otros.

2.5. Modelo Dinámico de Satelite

Dadas las ecuaciones del movimiento de rotación, considerando el satélite como un cuerpo rígido, tenemos:

$$\vec{L} = \vec{J} \cdot \vec{\omega} \tag{1}$$

$$\tau = \frac{dL}{dt}$$

Dónde,

\vec{L} : Momento angular del cuerpo;

$\vec{\omega}$: Su velocidad angular;

τ_{res} : el par resultante por la segunda ley de Newton para rotaciones;

\vec{J} : El tensor de inercia.

En el caso especial de que los ejes principales coincidan con el sistema de coordenadas centrado en el satélite, el tensor de inercia se convierte en una matriz diagonal de la forma:

$$\vec{J} = [J_{xx} \quad J_{yy} \quad J_{zz}] \tag{2}$$

Por conservación del movimiento, se puede escribir [DR4]:

$$J \cdot \frac{d\omega}{dt} = \tau_{ex} - \frac{dL}{dt} - \omega \times (J \cdot \omega + L_{rr}) \tag{3}$$

O de una forma más cómoda:

$$\dot{\omega} = \frac{d\omega}{dt} = J^{-1} \left[\tau_{ex} - \frac{dL}{dt} - \omega \times (J \cdot \omega + L_{rr}) \right] \tag{4}$$

Siendo,

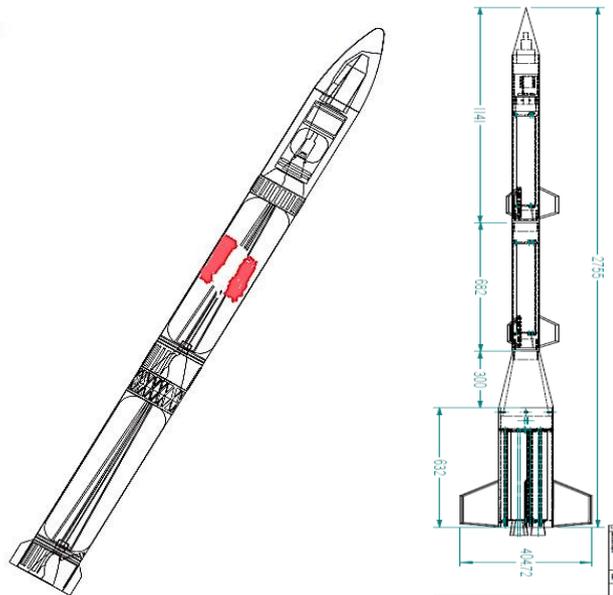
τ_{ex} el par externo ejercido sobre el sistema

L_{rr} es el momento angular generado por la rueda de reacción, dado por:

$$L_{rr} = J_{rr} \cdot \omega_{rr} \tag{5}$$

Con J_{rr} e ω_{rr} el momento de inercia y la velocidad angular de la rueda de reacción, respectivamente.

Figura 3.
Diseño y arquitectura de lanzadores JICAAT



Nota: Ejemplo de prototipos de lanzadores JICAAT I de dos etapas (Figura izquierda) y JICAAT II de tres etapas (Figura derecha).

Tabla 6.*Detalles de lanzadores JICAAT, 2024*

Aplicaciones	Lanzamiento de satélites con masa entre 100 Kg y 300 Kg
Objetivos estratégicos	<ul style="list-style-type: none"> • Dotar al país de la capacidad de acceder al espacio, con recursos propios. • Hacer más tecnológicamente la industria nacional competentes, innovadoras y competitivas en el ámbito nacional e internacional externo.
Pronóstico de Lanzamiento	Vuelo: 2025, 2026, 2027, 2028, 2029, 2030, 2031
Personas y Empresas participantes	<ul style="list-style-type: none"> • Equipos del grupo de investigación Aerospace V.A. • La empresa Villa Automation EIRL. • Otros.

El procedimiento del diseño y construcción del cohete se basará en la creación de geometrías usando diseños bases de otros cohetes experimentales, dichas geometrías permitirán modelar una serie de diseños comparativos hasta lograr una geometría eficiente y capaz de funcionar con los recursos suministrados por el grupo de investigación: Proyecto Aerospace V.A. La geometría a escoger se basará en la eficiencia de cada una de ellas con respecto a:

- Modelamiento matemático y físico.
- parámetros de simulación como los coeficientes de arrastre
- coeficientes de momento
- las variaciones de posicionamiento de los centros de presión
- gravedad.

2.6. Modelo Dinámico de Lanzador

Ecuaciones cinemáticas de movimiento relativo de un planeta giratorio, como se muestra a continuación.

$$\dot{r} = v \cos \phi \quad (7)$$

$$\dot{\lambda} = \frac{V \sin \phi \sin A}{r \cos \delta} \quad (8)$$

$$\dot{\delta} = \frac{V \sin \phi \cos A}{r} \quad (9)$$

Dónde:

\dot{r} =Velocidad de ascenso

$\dot{\delta}$ =Movimiento sobre j desde el ecuador hasta el norte o sur

$\dot{\lambda}$ =Movimiento de rotación alrededor de k sobre el plano ecuatorial

Luego para las ecuaciones de movimiento del cohete en el sistema de referencia geocéntrico.

$$\dot{V} = \frac{T \cos \alpha}{m} - \frac{D}{m} - \frac{W_r \cos \phi}{m} + \frac{W_\delta \sin \phi \cos A}{m} - \omega^2 r \cos \delta (\sin \delta \sin \phi \cos A - \cos \delta \cos \phi) \quad (10)$$

$$\dot{A} = \frac{\omega^2 r \sin A \sin \delta \cos \delta}{V \sin \phi} + \frac{V}{r} \sin \phi \sin A \tan \delta - \frac{W_\delta \sin A}{mV} - \frac{2\omega}{\sin \phi} (\cos \delta \cos \phi \cos A - \sin \delta \sin \phi) \quad (11)$$

$$\dot{\phi} = \frac{T \sin \alpha}{mV} + \frac{L}{mV} + \frac{W_r \sin \phi}{mV} - 2\omega \sin A \cos \delta + \frac{W_\delta \cos \phi \cos A}{mV} - \frac{V}{r} \sin \phi - \frac{\omega^2 r \cos \delta}{V} (\sin \delta \cos \phi \cos A + \cos \delta \sin \phi) \quad (12)$$

Donde

\dot{V} =Aceleración neta del cohete,

\dot{A} =Derivada del ángulo de rumbo,

$\dot{\phi}$ =Derivada del ángulo de trayectoria de vuelo.

Para determinar la dinámica de la trayectoria de vuelo final del cohete se debe tener en cuenta un modelo atmosférico dado que el cohete se desplaza por la atmósfera terrestre y las fuerzas aerodinámicas dependen de la densidad del medio.

3. RESULTADOS

La I, II y III Jornada Internacional de Ciencias Avanzadas - Astrodinámica y Teledetección (JICAAT), fue celebrada en Ayacucho, Lambayeque entre el 24 y 26 de agosto, en modalidad virtual. El evento superó todas las expectativas; contribuyó significativamente al intercambio de conocimiento, al crecimiento de la visibilidad del Facultad de Ciencias Físico – Matemáticas de la Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga (UNSCH) de Ayacucho y al fortalecimiento de la colaboración internacional en temas de investigación científica relacionadas a la astrodinámica y teledetección, con especialistas de diversas instituciones nacionales.

Las jornadas, congreso expertos y especialistas, presentaron temas, relevantes a la astrodinámica y teledetección. Las presentaciones en la sesión plenaria, evidenció los avances más recientes, las innovaciones tecnológicas y las aplicaciones prácticas en países de Sudamérica y el mundo. Entre las conclusiones de la jornada destacan:

1. Avances Tecnológicos: Se presentaron investigaciones que resaltaron los últimos avances tecnológicos (JICAAT I) Figura 2, específicamente en el campo de mini, micro, nano satelitales. tecnología que sería accesible a la UNSCH, con fines de liderar el desarrollo y despliegue de un satélite, con soluciones aplicadas a nuestra realidad.

Figura 2

Diseño y construcción del prototipo satélite JICAAT I, laboratorio del grupo de investigación Aerospace V.A.



2. Colaboración Multidisciplinaria: Se enfatizó en la necesidad de una colaboración estrecha entre científicos, ingenieros, academia, empresa privada y estado (gobierno regional y nacional) para abordar una solución propia e innovadora en Perú.
3. Formación y Educación: Se subrayó la importancia de la formación continua y la educación en temas de astrodinámica y teledetección, con el fin de cultivar una nueva generación de profesionales altamente capacitados. La inversión en programas educativos y de capacitación será crucial para garantizar el progreso sostenible a nivel regional y país.
4. Promover una mayor participación de la nueva generación - niños y jóvenes, en estas y otras actividades donde puedan dejar a su imaginación y creatividad jugar un rol importante en el desarrollo del país pues son ellos, quienes pueden dibujar el lugar en el que quieren vivir.
5. Debido a algunas alianzas estratégicas, para el desarrollo de los lanzadores JICAAT, recurrimos a capacitaciones y visitas a instituciones que desenvuelven tecnologías espaciales, tal es el caso del Instituto Nacional de pesquisas espaciais (INPE), Brasil, como se observa en la Figura 3.

Figura 3.

Diseño y construcción del prototipo lanzadores JICAAT I, visita del grupo de investigación Aerospace V.A., A las instalaciones del laboratorio INPE.

**4. CONCLUSIONES**

Desde una perspectiva estratégica se concluyó unánimemente que es esencial para el Perú, de contar con un satélite y lanzadores propio, que le permitiría monitorear y proteger su territorio de manera más efectiva, detectar cambios ambientales y situaciones de riesgo, así como contribuir a la toma de decisiones efectivas y en tiempo real en situaciones críticas, además de fomentar la capacitación de docentes e investigadores.

En términos económicos, un satélite propio del Perú abriría oportunidades para el desarrollo de aplicaciones innovadoras y el fomento de la industria espacial nacional, generando empleo de calidad y atrayendo inversiones privadas. En definitiva, la perspectiva de tener nuestro propio satélite de última generación en el Perú con la intención hacia un futuro de no-dependencia donde, el conocimiento, la ciencia, la tecnología e la innovación convergerían en la mejora de calidad de vida de todos los peruanos.

Revista Científica de la UNF - Aypate

Finalmente, agradecemos a los asistentes, docentes y nuestros investigadores del grupo de investigación Aerospace de Villa Automation EIRL, Perú y a todas las personas e instituciones que hicieron posible el desarrollo de las Jornada Internacional de Ciencias Avanzadas - Astrodinámica y Teledetección (JICAAT).

Esperamos que las perspectivas compartidas durante este proyecto continúen impulsando el progreso científico y tecnológico en el país.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

R. Sntos. "O programa nacional de atividades espaciais frente aos embargos tecnológicos". *Parcerias Estratégicas*, v. 4, n. 7, p. 117-130, 2009.

R.C. Caipo, C. Manuel. "Propuesta de mejora de la gestión de bienes muebles de la oficina de control patrimonial en la Agencia Espacial del Perú– CONIDA." (2019).

R. L. Deute. "Avaliação do sistema nacional de desenvolvimento das atividades espaciais". Diss. 2007.

R. Rodrigo, and M. V. Elizabeth. "A política espacial brasileira." (2010).

Roman-Gonzalez, Avid, and Natalia Indira Vargas-Cuentas. "Aerospace technology in Peru." *66th International Astronautical Congress-IAC 2015*. 2015.

C. R., Gabriela, et al. "The CosmoAmautas project for equitable scientific education in Peru." *Nature Astronomy* 6.2 (2022): 170-172.

O. ANDRADE, H. C. O. GIOVANN, and R. L. HILLEBRAND. "O Programa Estratégico de Sistemas Espaciais (PESE) do Brasil." 2021

H.V., José Luis. "Sliding mode attitude control for a reentry vehicle Starchip of aerodynamic surfaces and a reaction control system." 2021.

Revista Científica de la UNF - Aypate

Comportamiento estacional del viento entre los años 2015 y 2021 en Tarapoto, San Martín, Perú.

Seasonal behavior of the wind between the years 2015 and 2021 in Tarapoto, San Martín, Peru.

David Correa Chilón¹, Marco Antonio Merma Jara²

Grupo de Investigación en Modelamiento Numérico en Mecánica de Fluidos, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Perú

Grupo de Investigación de Física, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Perú

RESUMEN

El comportamiento del viento en la zona circundante al aeropuerto de Tarapoto entre los años 2015 y 2021, utilizando datos horarios de velocidad y dirección del viento fue analizado a nivel horario y estacional, describiendo su comportamiento a lo largo del año, diferenciando la ocurrencia de vientos débiles a calmos. Los datos de viento se obtuvieron de los reportes METAR del aeropuerto de Tarapoto. Se calcularon promedios horarios y estacionales de velocidad y dirección del viento. Los resultados muestran, que, la velocidad del viento en Tarapoto presenta variabilidad moderada, con predominancia de vientos de intensidad débil a moderadas, con dirección variable, que oscilan entre desde dirección Suroeste a Noroeste. El promedio estacional horario del viento muestra un comportamiento estacional diferenciado, con mayores velocidades en verano y primavera y menores velocidades de viento en otoño e invierno. La ocurrencia de vientos muy débiles a calmos sería común en la ciudad de Tarapoto, especialmente en las horas de la mañana y la noche, presentándose a lo largo del año, con mayor frecuencia en los meses de verano y otoño.

Palabras clave: Comportamiento del viento, vientos débiles, Aeropuerto de Tarapoto.**ABSTRACT**

The behavior of the wind in the area surrounding the Tarapoto airport between the years 2015 and 2021, using hourly data on wind speed and direction, was analyzed at the hourly and seasonal level, describing its behavior throughout the year, differentiating the occurrence of weak to calm wind. Wind data were obtained from METAR reports from the Tarapoto airport. Hourly and seasonal averages of wind speed and direction were calculated. The results show that the wind speed in Tarapoto presents moderate variability, with a predominance of winds of weak to moderate intensity, with variable direction, ranging from southwest to northwest direction. The hourly seasonal average of the wind shows a differentiated seasonal behavior, with higher speeds in summer and spring and lower wind speeds in autumn and winter. The occurrence of very weak to calm winds would be common in the city of Tarapoto, especially in the morning and night hours, occurring throughout the year, with greater frequency in the summer and autumn months. Knowing the behavior of the wind in the area surrounding the Tarapoto airport would contribute to the safety of air operations and urban planning. It can also be useful for agriculture, pest control, and flower pollination, among others.

Keywords: Wind behavior, light winds, Tarapoto Airport

¹ Grupo de Investigación en Modelamiento Numérico en Mecánica de Fluidos, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Email: david.correa@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-4121-4131>, Lima, Perú.

² Grupo de Investigación de Física, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Email: mmermaj@unmsm.edu.pe, <https://orcid.org/0000-0002-9805-1935>, Lima, Perú.

1. INTRODUCCIÓN

La dinámica del viento influye sobre parámetros ambientales como la temperatura y la humedad del aire, así como la dispersión de contaminantes y la propagación de plagas, también contribuye a la polinización de las flores. La ciudad de Tarapoto, se ubica en la región San Martín, Perú, se caracteriza por un clima tropical, húmedo, vientos de magnitud moderada; de acuerdo a Gordillo y colaboradores (2022) la región San Martín tendría un potencial eólico bajo en comparación a las regiones costeras. Sin embargo, ocasionalmente se registran vientos fuertes, como lo ocurrido el día 11 de octubre del 2021, en que se registraron voladura de techos de viviendas en la ciudad de Tarapoto, (COEN, 2021) y el 22 de marzo del 2024, en que ocurrió un temporal de vientos con lluvias, que causaron daños materiales en infraestructuras educativas de San Martín (COEN, 2024). Así mismo, el Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI) informó que 54 viviendas quedaron inhabitables a causa de los fuertes vientos que azotaron a los distritos de Tabaloso y Pueblo Nuevo, ubicados en las regiones de San Martín y Huánuco, respectivamente (El Comercio, 2020). Por otro lado, SENAMI (2016), predijo la ocurrencia de lluvias de moderada intensidad producto del quinto friaje del año, acompañadas de tormentas y vientos que podrían alcanzar velocidades máximas de 30 km/h, durante los días 23 y 24 de mayo, afectaron gran parte de la región San Martín. Por lo antes mencionado, es importante conocer el comportamiento del viento en la ciudad de Tarapoto, durante las horas del día y a lo largo de los meses del año.

Figura 1.

Localización de registro de vientos en el Aeropuerto Cadete FAP Guillermo del Castillo



2. MÉTODOS Y MATERIALES

La información del viento, corresponde a registros horarios, entre las 07:00 a.m. y 10:00 p.m., hora local, entre 01 enero 2015 al 29 de octubre 2021, realizados en la estación meteorológica automática del Aeropuerto Cadete FAP Guillermo del Castillo Paredes, de la ciudad de Tarapoto, departamento San Martín, Perú (Figura 1). El Aeropuerto es administrado por CORPAC (Corporación Peruana de Aeropuertos y Aviación Comercial Sociedad Anónima). La información de vientos fue recolectada desde los reportes METAR

Revista Científica de la UNF - Aypate

(Meteorological Aeródrome Reports), emitido por el aeropuerto de Tarapoto (SPST, código METAR), accesibles en <https://www.aviationweather.gov/metar> (Aviation Weather Center, 2022), para la decodificación se utilizó el manual WMO N° 782 (Organización Meteorológica Mundial, 2020).

El viento consiste en movimiento de aire, que se desplaza a una velocidad y dirección, que varía en el tiempo. La velocidad del viento en el aeropuerto de Tarapoto, fue obtenida desde los mensajes METAR, en unidades de nudos, y fue convertido a unidades de metros por segundos (m/s), en el Sistema Internacional, 1 nudo = 0.5144 m/s (International Civil Aviation Organization, 2010). La dirección del viento, se mide en grados y se expresa en 16 sectores entre 0 a 360°, para mayor información revisar el WMO N° 782 (Organización Meteorológica Mundial, 2020).

La variabilidad de la velocidad del viento, fue analizada a través de promedios horarios, entre las 07 y 22 horas del día, por cada estación del año (verano, otoño, invierno y primavera), mientras que la dirección fue analizada a través de su componente zonal (V_x) y meridional (V_y), para luego calcular la dirección promedio. Los vientos menores a 0.5 m/s, que representan el aproximadamente el 33% del total de los registros, fueron identificados como vientos calmos, por lo que fueron excluidos de los cálculos del promedio horarios, y fueron analizados por separados, como ocurrencia de vientos débiles a calmos, en rangos horarios, de 07:00 - 12:00, 12:00 - 16:00 y 16:00 - 22:00 horas.

3. RESULTADOS Y DISCUSIONES

3.1. Variabilidad del viento

A nivel general, el viento registrado en la zona circundante al aeropuerto de Tarapoto, presentó una velocidad de viento (VV) variable, entre 0,0 a 9,7 m/s, con dirección de viento que oscilaron, entre 0 a 360°; las VV menor a 0.5 m/s fueron identificados como vientos calmos, por lo que fueron excluidos y analizados por separados en la sección de ocurrencia de vientos débiles o calmos. Respecto a la VV, se encontró 48% de predominancia de velocidades de 1,0 a 2,0 m/s, seguido de 28% de VV entre 2,0 a 3,0 m/s, respecto a la dirección del viento, predominan vientos del Sureste a Sur en porcentajes de 10,4% y 9,6% respectivamente (Tabla 1 y Figura 2). La varianza horaria de la VV presentó patrones distintivos según la estación del año, durante los meses de verano y primavera, entre las 10:00 a 20:00 horas, la VV presentó mayor varianza, oscilando entre 1,0 a 2,5 m/s (Figura 3), que se podría atribuir a la intensificación de la convección atmosférica durante el día, que generan corrientes ascendentes y descendentes que alteran la velocidad del viento, mientras que antes y después de estas horas del día, la varianza de la VV fue menor a 1,0 m/s, indicando condiciones más estables. Durante los meses de otoño e invierno, se registró un comportamiento similar, pero con menor varianza, entre las 12:00 a 18:00 horas del día, la VV presentó una varianza entre 0,5 a 1,5 m/s, mientras que antes y después de estas horas, la varianza de la VV registró valores menores a 0,5 m/s (Figura 3).

Tabla 1.

Frecuencia porcentual de la velocidad y dirección del viento entre enero 2015 a octubre 2021, Aeropuerto Cadete FAP Guillermo del Castillo Paredes, Tarapoto, San Martín, Perú

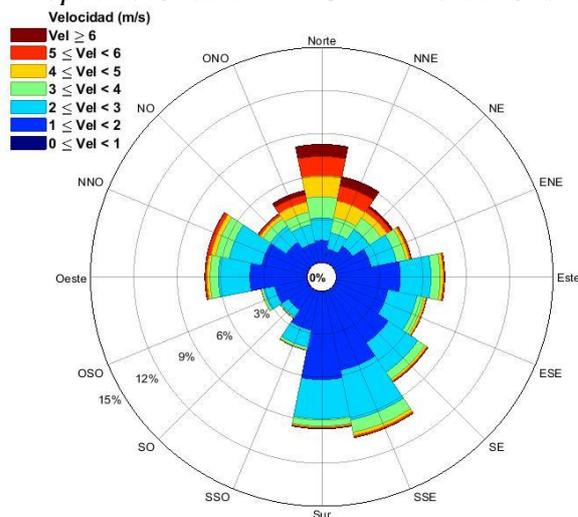
Dirección (°)	Velocidad del viento (m/s)							TOTAL (%)
	[0,5 - 1) *	[1 - 2)	[2 - 3)	[3 - 4)	[4 - 5)	[5 - 6)	[> 6)	
Norte	0.00	1.54	1.57	1.48	1.46	1.33	0.86	8.24
NNE	0.01	0.96	1.16	1.10	1.15	1.05	0.67	6.10
NE	0.00	1.56	1.40	0.98	0.48	0.34	0.16	4.92
ENE	0.00	2.47	1.79	0.68	0.24	0.12	0.03	5.33
Este	0.00	4.43	2.12	0.64	0.21	0.08	0.04	7.52
ESE	0.02	3.64	2.06	0.48	0.14	0.06	0.01	6.41
SE	0.02	4.51	2.46	0.59	0.15	0.07	0.05	7.85
SSE	0.01	5.61	3.54	0.88	0.22	0.12	0.04	10.42
Sur	0.02	6.15	2.74	0.50	0.07	0.07	0.05	9.60
SSO	0.01	2.75	1.22	0.17	0.02	0.03	0.01	4.21
SO	0.02	1.73	0.60	0.07	0.03	0.01	0.01	2.47
OSO	0.02	2.27	0.79	0.16	0.03	0.00	0.00	3.27
Oeste	0.01	3.95	2.18	0.58	0.22	0.10	0.05	7.09
NNO	0.02	3.19	2.31	0.96	0.31	0.24	0.05	7.08
NO	0.00	1.92	1.34	0.60	0.24	0.15	0.05	4.30
ONO	0.01	1.38	1.34	0.88	0.69	0.50	0.32	5.12
TOTAL (%)	0.17	48.06	28.62	10.75	5.66	4.27	2.40	100%

* Las VV menos a 0.5 m/s, fueron excluidos y analizado en forma separada, como ocurrencia de vientos calmos.

Fuente. Elaboración propia.

Figura 2.

Rosa de viento (velocidad y dirección) registrada entre enero 2015 a octubre 2021, Aeropuerto Cadete FAP Guillermo del Castillo Paredes, Tarapoto, San Martín, Perú

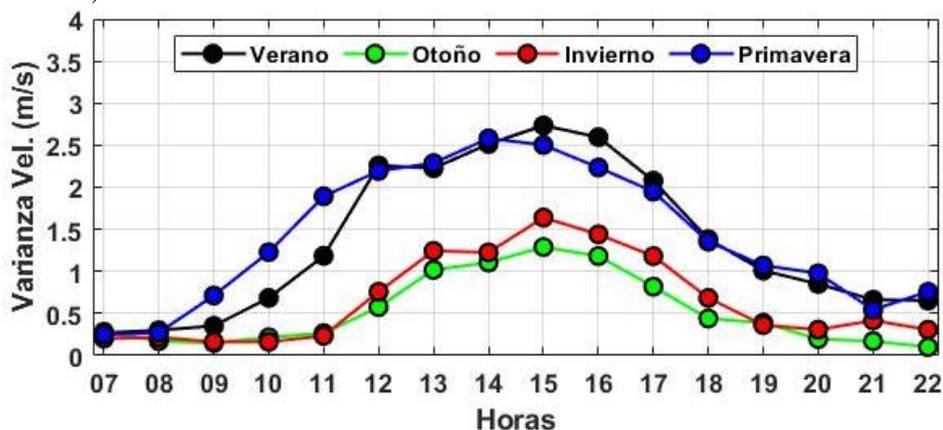


Fuente. Elaboración Propia.

Figura 3.

Revista Científica de la UNF - Aypate

Varianza estacional horaria de la velocidad del viento, registrado entre enero 2015 a octubre 2021, Aeropuerto Cadete FAP Guillermo del Castillo Paredes, Tarapoto, San Martín, Perú.



Fuente. Elaboración Propia.

3.2. Promedio estacional horario del viento

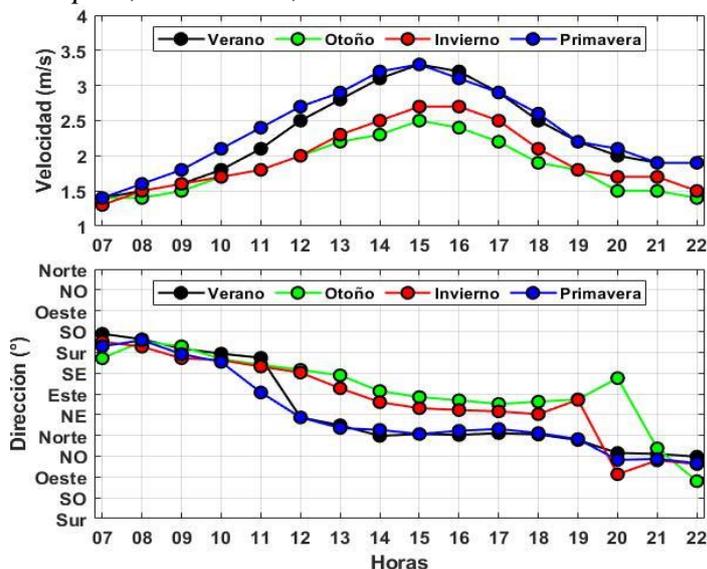
El análisis del promedio estacional horario de la velocidad del viento, muestra un comportamiento estacional diferenciado, con mayores VV, entre 1,5 a 3,5 m/s, durante los meses de verano y primavera, y menores VV, entre 1,5 a 2,7 m/s, durante los meses de otoño e invierno. En todas las estaciones del año, la VV, promedio horario presente menores velocidades (menores a 2,0 m/s), entre las 07 a 10 horas (mañana) y después de las 19 horas (noche), mientras mayores velocidades se registran entre las 10 y 18 horas, variando entre 2,0 a 3,5 m/s, para verano y primavera y entre 1,5 a 2,7 m/s otoño e invierno (Figura 4). Respecto a la dirección del viento, presentó un comportamiento diferenciado entre las estaciones de verano y primavera en comparación a otoño e invierno, coincidiendo en dirección de SO (suroeste) a SE (sudeste) entre las 07 a 10 horas (mañana), mientras que entre las 11 a 19 horas del día, se registraron vientos de dirección Sur a Norte en los meses de verano y primavera y de dirección Sur a NE (noreste) en otoño a invierno. Por otro lado, a partir de las 19 horas (noche), predominaron vientos de dirección Norte a Oeste, a excepción de otoño, en que se registraron vientos de dirección SE, a las 20 horas (Figura 4 y Tabla 2).

Respecto a la dirección del viento, presentó un comportamiento diferenciado entre las estaciones de verano y primavera en comparación a otoño e invierno, coincidiendo en dirección de SO (suroeste) a SE (sudeste) entre las 07 a 10 horas (mañana), mientras que entre las 11 a 19 horas del día, se registraron vientos de dirección Sur a Norte en los meses de verano y primavera y de dirección Sur a NE (noreste) en otoño a invierno. Por otro lado, a partir de las 19 horas (noche), predominaron vientos de dirección Norte a Oeste, a excepción de otoño, en que se registraron vientos de dirección SE, a las 20 horas (Figura 3 y Tabla 2).

Se observa correspondencia horaria entre la velocidad y dirección del viento, evidenciándose tres comportamientos diferenciados durante las horas del día, que evidenciarían la influencia de procesos de externos que condicionan la dinámica del viento en la zona de circundante al aeropuerto de Tarapoto.

Figura 4.

Promedio estacional horario de la a) velocidad y b) dirección del viento, registrado entre enero 2015 a octubre 2021, Aeropuerto Cadete FAP Guillermo del Castillo Paredes, Tarapoto, San Martín, Perú.



Fuente. Elaboración Propia.

Tabla 2.

Promedio estacional horario de la velocidad y dirección del viento entre enero 2015 a octubre 2021, Aeropuerto Cadete FAP Guillermo del Castillo Paredes, Tarapoto, San Martín, Perú

Horas	Verano		Otoño		Invierno	
	velocidad (m/s)	Dirección (°)	velocidad (m/s)	Dirección (°)	velocidad (m/s)	Dirección (°)
07:00	1.4	220	1.4	167	1.3	203
08:00	1.5	208	1.4	203	1.5	192
09:00	1.6	188	1.5	193	1.6	167
10:00	1.8	177	1.7	165	1.7	163
11:00	2.1	168	1.8	153	1.8	149
12:00	2.5	39	2	142	2	136
13:00	2.8	22	2.2	130	2.3	102
14:00	3.1	1	2.3	96	2.5	72
15:00	3.3	3	2.5	83	2.7	59
16:00	3.2	1	2.4	76	2.7	55
17:00	2.9	5	2.2	68	2.5	52
18:00	2.5	2	1.9	73	2.1	46
19:00	2.2	350	1.8	78	1.8	77
20:00	2	322	1.5	124	1.7	276
21:00	1.9	320	1.5	332	1.7	306
22:00	1.9	314	1.4	261	1.5	298
Promedio estacional	2.3 m/s	Norte	1.8 m/s	SE	2.0 m/s	Este

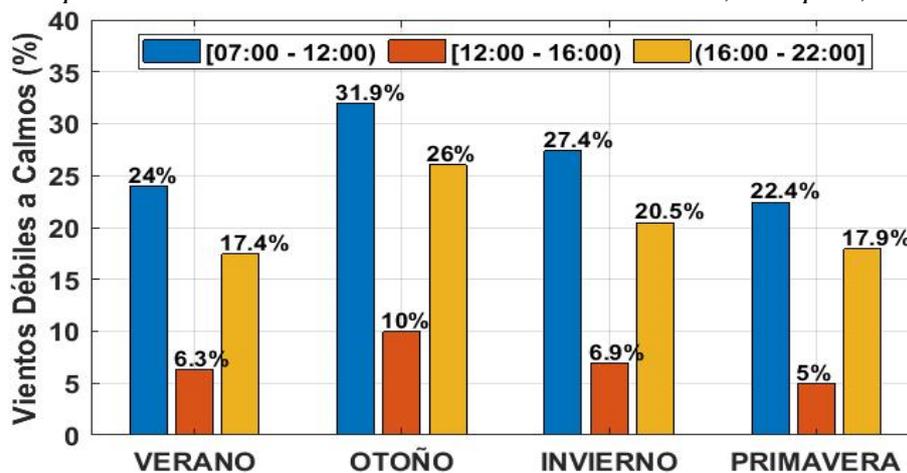
3.3. Ocurrencia de vientos débiles a calmos

Los vientos muy débiles a calmos, con VV menores a 0.5 m/s, corresponden a aproximadamente el 33% de los registros de los vientos analizados, entre los años 2015 a 2021, equivalente a 2969 (verano), 3399 (otoño), 2951 (invierno) y 2487 (primavera) registros; los cuales ocurren a lo largo de las horas del día en diversos porcentajes de ocurrencia, que fueron analizados en tres rangos horarios, desde las 07:00 a las 12:00, de 12:00 a las 18:00 y de 18:00 a las 22:00 horas.

Se encuentra similitud en la ocurrencia de vientos muy débiles a calmos a las cuatro estaciones del año, específicamente durante los rangos horarios de las 7 a 12 horas y de las 16 a 22 horas del día, con porcentajes de varían entre 47.1 a 50.9% y 37 a 41% respectivamente, mientras que en el rango horario de las 12 a 16 horas, se registraron entre 8.8% (primavera) a 13.9% (otoño) de ocurrencia de vientos muy débiles (Figura 5). La ocurrencia de vientos muy débiles a calmos, podría estar relacionada con las épocas lluviosas y el alto contenido de humedad, específicamente durante las horas de la mañana y la noche, que podrían estar contribuyendo a la reducción de la velocidad del viento debido a la fricción con el aire húmedo.

Figura 5.

Porcentaje estacional de vientos débiles a calmos, entre enero 2015 a octubre 2021, Aeropuerto Cadete FAP Guillermo del Castillo Paredes, Tarapoto, San Martín, Perú.



Fuente. Elaboración Propia.

4. CONCLUSIONES

El análisis del comportamiento del viento en la zona circundante al aeropuerto de Tarapoto entre los años 2015 y 2021 muestra velocidades de viento de magnitud baja a moderada, con dirección variable, desde dirección Suroeste a Noroeste, registrando mayor variabilidad durante los meses de verano y primavera.

El promedio estacional horario del viento muestra un comportamiento estacional diferenciado, con mayores velocidades en verano y primavera y menores velocidades en otoño e invierno. En todas las épocas del año, las velocidades promedio horarias son menores a 2,0 m/s durante las primeras y últimas horas del día, mientras que, entre las horas del día y la tarde, el viento registra mayores velocidades. La dirección del viento presenta un comportamiento diferenciado entre los meses de verano y primavera respecto a los meses de otoño e invierno, principalmente desde el mediodía hasta el final de la tarde.

Revista Científica de la UNF - Aypate

La ocurrencia de vientos muy débiles a calmos sería común en la ciudad de Tarapoto, especialmente en las horas de la mañana y la noche, presentándose a lo largo del año, con mayor frecuencia en los meses de verano y otoño. La humedad del aire podría ser el principal elemento que influye en la reducción de la velocidad del viento.

La ocurrencia de vientos débiles a calmos es más frecuente en las horas de la mañana, especialmente en otoño. La humedad del aire, especialmente durante las primeras horas del día y en los meses lluviosos, pueden influir en la reducción de la velocidad del viento.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aviation Weather Center. (15 de 01 de 2022). *Aviation Weather Center*. Obtenido de Aviation Weather Center: <https://www.aviationweather.gov/metar>

COEN. (2021). *Vientos fuertes en el distrito de Tarapoto, San Martín*. INDECI, Centro de Operaciones de Emergencia Nacional (COEN), Lima. Recuperado el 06 de 06 de 2024, de <https://portal.indeci.gob.pe/wp-content/uploads/2021/10/REPORTE-COMPLEMENTARIO-N%C2%BA-5763-13OCT2021-VIENTOS-FUERTES-EN-EL-DISTRITO-DE-TARAPOTO-SAN-MART%C3%8DN-1.pdf>

COEN. (2024). *Temporales en el distrito de San Martín, San Martín*. Reporte preliminar N° 728, INDECI, Centro de Operaciones de Emergencia Nacional, Lima. Recuperado el 06 de 06 de 2024, de <https://portal.indeci.gob.pe/wp-content/uploads/2024/04/INFORME-DE-EMERGENCIA-N.%C2%BA-728-3MAY2024-TEMPORALES-EN-EL-DISTRITO-DE-SAN-MART%C3%8DN-SAN-MART%C3%8DN-1.pdf>

El Comercio. (2020). Fuertes vientos dejaron 54 casas inhabitables en distritos de las regiones San Martín y Huánuco. Obtenido de <https://elcomercio.pe/peru/fuertes-vientos-dejaron-54-casas-inhabitables-en-districtos-de-las-regiones-san-martin-y-huanuco-nnpp-noticia/>

Gordillo Valdez, A., Montoya Granda, M., & Salinas Pedemonte, P. A. (2022). Análisis del desarrollo y potencial de la energía eólica en el Perú. *Ingeniería Industrial*(43), 177-198. doi:<https://doi.org/10.26439/ing.ind2022.n43.6114>

International Civil Aviation Organization. (2010). *Annex 5 to the Convention on International Civil Aviation: Units of Measurement to be Used in Air and Ground Operations* (1era ed.). Obtenido de https://aerosavvy.com/wp-content/uploads/2014/08/an05_cons.pdf

Organización Meteorológica Mundial. (2020). *Informes y pronósticos de aerodromo: manual para la utilización de las claves* (2020 ed., Vols. OMM-N° 782). (O. M. Mundial, Ed.) Obtenido de https://library.wmo.int/?lvl=notice_display&id=7675#.YfYRAupBy5c

SENAMHI. (2016). *Aviso Meteorológico N° Aviso Meteorológico N°040 - QUINTO FRIAJE DEL AÑO*. Recuperado el 06 de 06 de 2024, de San Martín: Se pronostican vientos y lluvias moderadas producto de quinto friaje: <https://www.senamhi.gob.pe/main.php?dp=san-martin&p=prensa&n=385>

Influencia de plataformas virtuales en la Economía de las PYMES en las familias del asentamiento humano Villa Primavera, Sullana-2020

Influence of virtual platforms on the economy of SMEs in the families of the Villa Primavera human settlement, Sullana-2020

Xiomara de los Milagros Massias Rugel¹, Carlos Enrique Oballe Neyra²
Instituto de Investigación en Economía y Eficiencia Productiva
Universidad Nacional de Frontera, Sullana, Piura, Perú.

RESUMEN

La presente investigación aborda la problemática de la insuficiente infraestructura tecnológica en las Pequeñas y Medianas Empresas (PYMES) del Asentamiento Humano Villa Primavera. Este estudio se tiene como propósito principal determinar el impacto de las plataformas virtuales en la economía de las PYMES, por ende, en el bienestar económico de las familias de Villa Primavera, Sullana, durante el año 2020. Mediante una metodología descriptiva y un diseño no experimental de corte transversal, se aplicó una encuesta como instrumento primordial para la recolección de datos. Los resultados indican que un 95% de las empresas participantes aspira a aumentar sus beneficios económicos. WhatsApp emerge como la aplicación más prevalente entre sus operaciones comerciales, así como un 86% de las PYMES manifiesta el deseo de expandir su presencia digital desarrollando su propio sitio web. La totalidad de los encuestados reconoce la importancia de una atención al cliente de calidad, priorizando la eficiencia en sus prácticas comerciales.

Palabras Claves: plataformas digitales, minimización, influencia

ABSTRACT

This research addresses the problem of insufficient technological infrastructure in Small and Medium Enterprises (SMEs) of the Villa Primavera Human Settlement. The main purpose of this study is to determine the impact of virtual platforms on the economy of SMEs, therefore, on the economic well-being of the families of Villa Primavera, Sullana, during the year 2020. Through a descriptive methodology and a design not cross-sectional experimental, a survey was applied as the primary instrument for data collection. The results indicate that 95% of participating companies aspire to increase their economic benefits. WhatsApp emerges as the most prevalent application among its commercial operations, as well as 86% of SMEs express the desire to expand their digital presence by developing their own website. All respondents recognize the importance of quality customer service, prioritizing efficiency in their business practices.

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

¹Instituto de Investigación en Economía y Eficiencia Productiva, Universidad Nacional de Frontera, Email: Email: 2014101053@unf.edu.pe, <https://orcid.org/0009-0008-9600-0967>, Sullana, Piura, Perú.

² Línea de Investigación: Economía, finanzas, eficiencia productiva, calidad y optimización, Email: 2019101034@unf.edu.pe, <https://orcid.org/0000-0001-5254-1165>, Sullana, Piura, Perú.

1. INTRODUCCIÓN

En el contexto de la globalización, las corporaciones internacionales persiguen la optimización de ingresos a través de la integración de soluciones tecnológicas avanzadas. En este escenario, las plataformas digitales emergen como herramientas cruciales, funcionando como conglomerados virtuales que consolidan aplicaciones y programas multifacéticos para satisfacer una amplia gama de necesidades empresariales. Estos espacios cibernéticos son esenciales para proveer a los usuarios con contenido variado, facilitando así la adquisición de información pertinente (Falappa, 2010).

Adicionalmente, estas plataformas son instrumentales en la ejecución simultánea de tareas múltiples, manteniendo la eficiencia operativa incluso cuando grandes volúmenes de usuarios interactúan concurrentemente. Desde una perspectiva organizacional, las plataformas digitales son aliadas estratégicas en la gestión y distribución de información, lo que permite una reducción significativa en la necesidad de recursos humanos, minimizando márgenes de error y costos asociados al servicio al cliente (Alburqueque, 2008).

También es importante destacar que su adopción no solo beneficia a las grandes corporaciones, sino también a las pequeñas y medianas empresas (PYMEs). Estas últimas pueden aprovechar las plataformas para expandir su alcance de mercado, acceder a una audiencia global y competir en igualdad de condiciones con actores más establecidos. Además, las plataformas digitales ofrecen oportunidades para la colaboración y la co-creación, permitiendo a las empresas trabajar en conjunto con otros actores del ecosistema digital para desarrollar soluciones innovadoras y personalizadas (Hancco, 2019)

Cada plataforma está equipada con funcionalidades especializadas que facilitan la resolución automatizada de problemas, optimizando el uso de recursos. Existen diversas categorías de plataformas virtuales, incluyendo las de índole social, educativo y de comercio electrónico. La implementación de estas tecnologías puede resultar en beneficios sustanciales para las estrategias de marketing, tales como la economía de tiempo, mejora en la atención al cliente, reducción de errores y costos operativos (Chiba, 2018). Otro aspecto relevante es la seguridad y privacidad en las plataformas digitales. A medida que más datos se almacenan y comparten en línea, es fundamental garantizar la protección de la información sensible (Campo, 2015).

2. MÉTODOS Y MATERIALES

2.1. Enfoque de la Investigación

Siendo esta una investigación cuantitativa ya que consta de la obtención de datos gracias a procedimientos estadísticos que ayudan a la resolución de problemas. Este tipo de investigación necesita de pruebas que ayudan a obtener datos cuantificables de lo estudiado en una población. (Sampieri, 2014).

2.2. Nivel de la Investigación

La investigación se considera descriptiva porque se centra en describir las características y opiniones de un grupo específico de personas respecto a un tema particular, en este caso, la familiaridad y disposición hacia las plataformas digitales en el ámbito empresarial (Sampieri, 2014).

2.3. Diseño de la Investigación

El enfoque metodológico de la investigación se caracteriza por un diseño no experimental, el cual se distingue por la ausencia de manipulación intencionada de las variables de estudio. Este diseño se fundamenta en la observación sistemática de fenómenos en su estado natural, seguido de un análisis exhaustivo para comprender sus características y dinámicas inherentes, lo cual va permitir desarrollar esta investigación. (Sampieri, 2014)

2.3. Población y Muestra

La población de estudio estuvo conformada por la totalidad de PYMES que fueron 30 del asentamiento humano Villa Primavera, de las solo 22 accedieron a responder la encuesta para la recopilación de datos.

Tabla 1.

La población

PYMES	DUEÑOS		Total
	Hombres	Mujeres	
Total	12	18	30

Tabla 2.

La muestra

PYMES	DUEÑOS		Total
	Hombres	Mujeres	
Total	11	11	22

3. RESULTADOS Y DISCUSIONES.

La tabla 3 muestra la encuesta realizada para evaluar la familiaridad y la disposición de los encuestados hacia las plataformas digitales y su integración en el ámbito empresarial. Un 91% de los participantes indica tener conocimiento sobre las plataformas virtuales, lo que sugiere una alta conciencia de estas herramientas tecnológicas en el entorno de negocios actual. A pesar de esto, solo un 55% cuenta con acceso continuo a servicios de internet, lo que podría representar una barrera para la implementación efectiva de soluciones digitales.

En cuanto a las aspiraciones económicas, un contundente 95% de los encuestados expresa el deseo de incrementar sus ganancias, y un 86% muestra interés en establecer una página web propia para su negocio, lo que denota una tendencia hacia la digitalización empresarial. Sin embargo, existe una brecha de conocimiento significativa, ya que solo un 41% sabe cómo crear una página web, lo que implica una oportunidad para el desarrollo de competencias digitales.

La reducción de costos es una prioridad para la mayoría, con un 86% de los encuestados buscando disminuir gastos de marketing. Además, un 45% está consciente de que las plataformas digitales pueden minimizar no solo los costos de marketing sino también los de capital humano, lo que refleja un entendimiento parcial de las ventajas operativas de la digitalización.

Tabla 3.

Resultados de la encuesta aplicada en PYMES del AA. HH Villa Primavera.

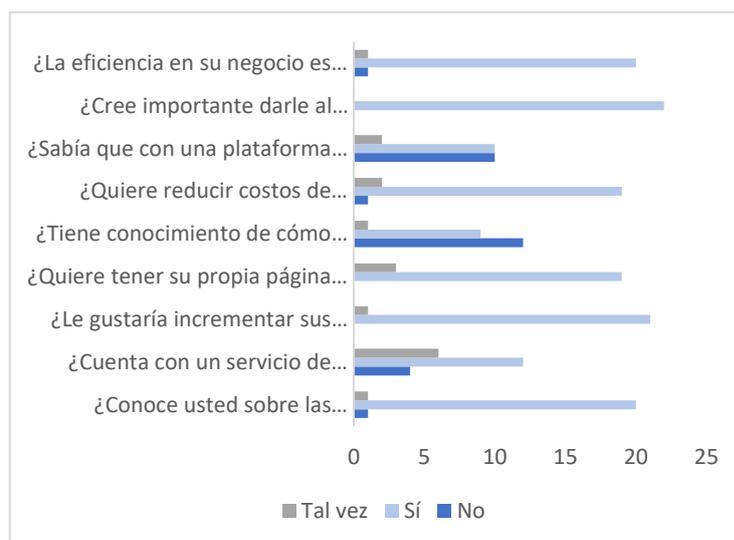
Revista Científica de la UNF - Aypate

Pregunta	No	Porcentaje	Sí	Porcentaje	Tal vez	Porcentaje
¿Conoce usted sobre las plataformas virtuales?	1	5%	20	91%	1	5%
¿Cuenta con un servicio de internet permanente?	4	18%	12	55%	6	27%
¿Le gustaría incrementar sus ganancias?	0	0%	21	95%	1	5%
¿Quiere tener su propia página de su negocio?	0	0%	19	86%	3	14%
¿Tiene conocimiento de cómo crear una página para su negocio?	12	55%	9	41%	1	5%
¿Quiere reducir costos de marketing?	1	5%	19	86%	2	9%
¿Sabía que con una plataforma digital no solo puede minimizar gastos de marketing sino también de capital humano?	10	45%	10	45%	2	9%
¿Cree importante darle al cliente un buen trato?	0	0%	22	100%	0	0%
¿La eficiencia en su negocio es prioridad?	1	5%	20	90%	1	5%

La atención al cliente es unánimemente valorada, con un 100% de los participantes reconociendo su importancia. Esto se alinea con el hecho de que un 90% considera la eficiencia en su negocio como una prioridad, subrayando la relevancia de la optimización de procesos y la calidad del servicio en el contexto comercial contemporáneo.

Figura 1.

Número de PYMES encuestadas del AA. HH Villa Primavera



En la Figura 1, se presentan las preguntas formuladas en la encuesta dirigida a las Pequeñas y Medianas Empresas (PYMES) del Asentamiento Humano Villa Primavera. Además, se

muestra el número de empresas que han respondido a cada uno de los ítems. Los resultados revelan que las 22 empresas encuestadas coinciden en la importancia de brindar un excelente trato a los clientes. Asimismo, se evidencia que todas las empresas tienen el objetivo de mejorar sus ganancias.

4. CONCLUSIONES

Para concluir, se identifica que la diversidad de plataformas digitales y la economía digital que las sustenta poseen un potencial significativo para incrementar la eficiencia operativa, lo cual representa una oportunidad considerable en términos económicos, sociales, y laborales. No obstante, la materialización de los beneficios de la digitalización depende de la creación de un ecosistema favorable, fundamentado en una infraestructura digital robusta y una institucionalidad que respalde el desarrollo tecnológico ya que esto es esencial para que localidades como Villa Primavera puedan adaptarse y prosperar frente a los emergentes modelos de negocio digitales.

Además, es necesario establecer regulaciones pertinentes que aborden los desafíos asociados con estas nuevas modalidades comerciales. La implementación de políticas adecuadas facilitará la transición hacia prácticas empresariales digitalizadas, asegurando que tanto los emprendedores como los consumidores se beneficien de la transformación digital.

En relación con la atención al cliente, se observa una mejora sustancial en la rapidez y calidad del servicio, lo que se traduce en una mayor satisfacción del consumidor. Arrojando un consenso del 100% de los encuestados sobre la importancia del trato al cliente resalta la gran influencia entre la experiencia del cliente y la fidelización del mismo, evidenciando que un servicio excepcional incentiva la recomendación y repetición de compra de productos o servicios.

Estas conclusiones hacen mención a la necesidad de una estrategia integral que no solo abarque la adopción de tecnologías digitales, sino también la capacitación en habilidades digitales, la mejora de la conectividad y el desarrollo de un marco regulatorio que promueva la innovación y proteja tanto a empresas como a consumidores en el entorno digital.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alburqueque, J. M. (2008). el marco de los business y el uso de las tecnologías de la información y comunicaciones y su influencia en las PYMES . *Tesis.unjbj.edu.pe*.
- Chiba, C. A. (2018). "EL USO DE LA RED SOCIAL FACEBOOK EN EL COMERCIO ELECTRONICO EN LA EMPRESAA DE CALZADO EN TRUJILLO 2018. *ALICE* .
- Campo, F. m. (2015). Plataformas de Negocios . *Estrategiaynegocios*.
- Falappa, M. (2010). Guías para aplicación de Normas de Calidad para los procesos de Ingeniería de Software en productos desarrollados con Lenguajes de Programación Open Source: relevamiento y aplicación en PYMES de la zona de influencia de la UNER Concordia. *Ciencica, docencia y tecnología* , 379.
- Hanco, L. Z. (2019). influencia de las plataformas virtuales en el crecimiento de las PYMES. *repositorio.upeu.edu.pe*.
- Sampieri, R. H., (2014). Metodología de la investigación (5ª ed.). McGraw-Hill.

Eficiencia productiva en la industria pesquera: un análisis bibliométrico (1979-2023).**Productive efficiency in the fishing industry: a bibliometric analysis (1979-2023).**

Cristhian Nicolás Aldana Yarlequé¹, Carlos Adrián Lecarnaqué Arevalo, Wilmer Moncada Sosa; Gustavo Adolfo Mendoza Rodríguez; Luis Ramón Trelles Pozo.

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

RESUMEN

La literatura sobre la eficiencia productiva en la industria pesquera es extensa y diversa. Este estudio aplica un análisis bibliométrico para revisar 626 artículos científicos basados en la base de datos Scopus desde 1979 hasta 2023. Los resultados muestran que, de 1979 a 2023 hubo un aumento significativo en el número de publicaciones. En los primeros años de la investigación (1979-1990), la preponderancia de las publicaciones se concentró en áreas geográficas específicas como Estados Unidos, Canadá, Reino Unido, Australia y Bélgica (5 países). Posteriormente (1990-2023), y gracias a la colaboración internacional que, en cierta medida, propició este cambio, el ámbito de la Eficiencia Productiva en la industria pesquera experimentó una expansión gradual hacia regiones geográficas más extensas, al expandir Asia hasta las zonas de Sudamérica (76 países). Los resultados indican que *Aquaculture Economics And Management*, *Fisheries Research*, *Aquaculture*, *Marine Resource Economics* y *Marine Policy* fueron las 5 principales revistas para su publicación durante 1979-2023 para este campo. El Análisis Envolvente de Datos (DEA) y el Análisis de Frontera Estocástica (SFA) han sido los enfoques más utilizados en el campo de la investigación en las últimas décadas.

Palabras clave: Eficiencia productiva, industria, pesca, bibliometría.

ABSTRACT

The literature on productive efficiency in the fishing industry is extensive and diverse. This study applies a bibliometric analysis to review 626 scientific articles based on the Scopus database from 1979 to 2023. The results show that, from 1979 to 2023, there was a significant increase in the number of publications. In the first years of the research (1979-1990), the preponderance of publications was concentrated in specific geographic areas such as the United States, Canada, the United Kingdom, Australia and Belgium (5 countries). Subsequently (1990-2023), and thanks to international collaboration that, to a certain extent, promoted this change, the scope of Productive Efficiency in the fishing industry experienced a gradual expansion towards larger geographic regions, expanding from Asia to the areas from South America (76 countries). The results indicate that *Aquaculture Economics and Management*, *Fisheries Research*, *Aquaculture*, *Marine Resource Economics* and *Marine Policy* were the top 5 journals for publication during 1979-2023 for this field. Data Envelopment Analysis (DEA) and Stochastic Frontier Analysis (SFA) have been the most used approaches in the research field in recent decades.

Keywords: Productive efficiency, industry, fishing, bibliometrics.

¹ Instituto de Investigación en Economía y Eficiencia Productiva, Universidad Nacional de Frontera, caldana@unf.edu.pe, <https://orcid.org/0000-0002-6890-5370>, Sullana, Piura, Perú.

1. INTRODUCCIÓN

Se reconoce ampliamente que la eficiencia productiva en la industria pesquera desempeña un papel crucial en numerosos países en todo el mundo, a gran escala desde naciones desarrolladas hasta aquellas en vías de desarrollo. La industria pesquera comercial tiene el potencial de realizar una contribución significativa al crecimiento económico, generando fuentes de ingresos y riqueza, asegurando la disponibilidad de alimentos, promoviendo el empleo, preservando la identidad cultural y sustentando los medios de vida, especialmente en las zonas costeras donde se concentra la producción pesquera. La regeneración de los recursos pesqueros puede obtener beneficios a largo plazo para pescadores, comunidades pesqueras, empresas del sector, comunidades locales y propietarios finales, siempre y cuando estos recursos sean gestionados de manera adecuada, eficiente y confiable. (Pascoe, 2001); (Dağtekin et al., 2021).

Estos análisis facilitan el monitoreo del bienestar económico de los participantes en la industria pesquera. La información relativa a la eficiencia, la productividad y los factores que los impulsan puede ofrecer al sector productivo la oportunidad de mejorar sus condiciones y desempeño económico, ya sea optimizando el uso de recursos de insumos o incrementando la producción. Simultáneamente, los responsables de la formulación de políticas podrían aprovechar esta información para diseñar estrategias políticas pertinentes y eficaces destinadas a la gestión sostenible de la pesca en el futuro. (Sharma & Leung, 1998). En las últimas décadas, se ha experimentado un notable crecimiento en la investigación dedicada a la eficiencia productiva en el sector pesquero, dando lugar al análisis exhaustivo de diversos aspectos vinculados con la eficiencia y la productividad en la actividad pesquera. Este aumento en la atención hacia la optimización de procesos y rendimiento en la pesca ha propiciado una comprensión más profunda y detallada de los factores que influyen en la eficiencia operativa de la industria, a superar desde la gestión de recursos hasta las estrategias de producción. Este enfoque más amplio y detallado ha contribuido significativamente al avance del conocimiento en el ámbito de la eficiencia productiva en la industria pesquera.

2. DATOS Y MÉTODOS

2.1. Recopilación de datos

Realizar una exhaustiva revisión bibliográfica es crucial para detectar posibles vacíos de conocimiento y ofrecer una visión holística relacionada al tema o campo de estudio (Weir & Dahlhaus, 2023; Daraio et al., 2020; Predragovic et al., 2023; Gao et al., 2023). Se utilizará la metodología de revisiones sistemáticas de literaturas y metanálisis (PRISMA), para incluir artículos en el análisis.

En la **Figura 1** se puede identificar el proceso metodológico PRISMA, que es una lista de comprobación de requisitos que debe cumplir una revisión sistemática y un metaanálisis para presentar la información, donde se logran identificar varios procesos: identificación, revisión e inclusión. El proceso de identificación implica ubicar a través de una cadena de búsqueda (vista en la **Tabla 1**) los artículos relacionados a la investigación. Luego, el proceso de revisión consiste en realizar un análisis exhaustivo a través de filtros o criterios de inclusión y exclusión (visto en la **Tabla 2**), y finalmente, el proceso de inclusión consiste en identificar los artículos científicos que se incluirán para el proceso de análisis bibliométrico.

Figura 1.

Diagrama de flujo PRISMA

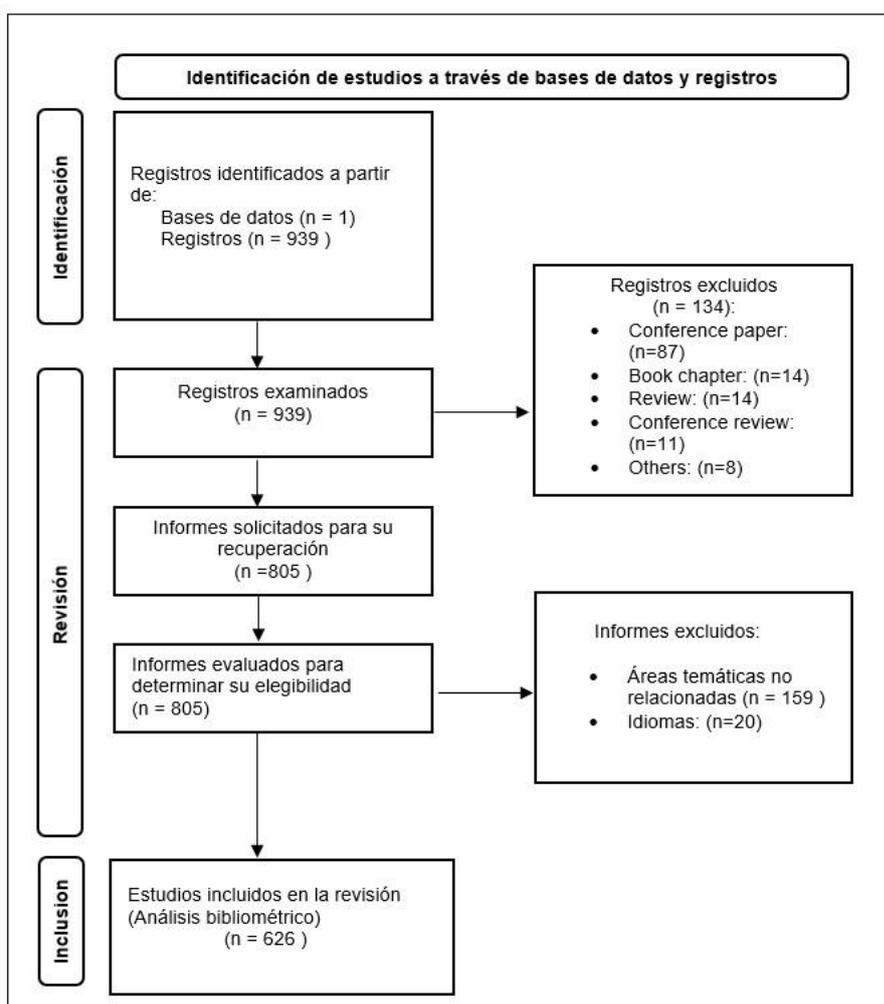


Tabla 1.

Cadenas de búsqueda

Cadena de búsqueda en la base de datos	
Scopus	TITULO-ABS-LLAVE (("efficienc*" OR "productivity*" OR "technical efficiency*" OR "economic efficiency*") AND ("fish*" OR "fisherie*" OR "fishing" OR "marine capture*") AND ("SFA" OR "DEA" OR "stochastic" OR "envelopment" OR "parametric" OR "nonparametric" OR "non parametric" OR "nonparametric"))

En la **Tabla 1** se puede observar la cadena de búsqueda, y está diseñada para identificar información en la base de datos Scopus relacionada con la eficiencia en la industria de la pesca y la evaluación de métodos como SFA (Análisis de la Frontera Estocástica), DEA (Análisis Envolvente de Datos) y otros métodos paramétricos y no paramétricos. Aquí hay una interpretación detallada de la cadena de búsqueda: - "eficiente*" OR "productividad*" OR "eficiencia técnica*" OR "eficiencia económica*": Estos términos buscan artículos relacionados con la eficiencia, la productividad y la eficiencia técnica y económico.

El asterisco (*) al final de cada palabra permite que la búsqueda incluya diferentes variantes de la palabra, como "efficiency" y "efficiencies". A partir de esta cadena de búsqueda se han podido identificar 939 artículos científicos, la metodología PRISMA ha permitido excluir

libros, capítulos de libros, reseñas, actas de congresos, artículos en idiomas diferente al inglés, áreas o temáticas no relacionadas, y finalmente considerar 626 artículos científicos durante el periodo de tiempo 1979 al 2023, es importante precisar que, los artículos científicos evaluados han sido tomados hasta el día 26 del mes de octubre del 2023, tal y como se especifica en la tabla 2.

2.2. Enfoque bibliométrico

Se considera que la bibliometría comenzó en la evaluación del desempeño de la investigación en la década de 1950 (Thelwall, 2008) y actualmente, se ha convertido en una práctica que ha tomado un espacio importante para diversos campos de investigación (Magadán-Díaz & Rivas-García, 2022; (Zayat et al., 2023); (Sekhar et al., 2022). Según (Donthu et al., 2021) considera que la bibliometría es una disciplina de gran valor que proporciona resultados significativos en el campo de la investigación, como descubrir tendencias emergentes en el desempeño de artículos y revistas, patrones de colaboración y componentes de la investigación, y para explorar la estructura intelectual de un dominio específico en la literatura existente.

El análisis bibliométrico es un método muy conocido, eficiente y riguroso para explorar y analizar enormes volúmenes de datos científicos. Nos permite desentrañar los matices evolutivos de un campo específico, al tiempo que arroja luz sobre las áreas emergentes en ese campo (Donthu et al., 2021).

Tabla 2 .

Criterios de inclusión y exclusión

Criterios de inclusión y exclusión		
Criterios	Inclusión	Exclusión
Tipo de literatura	Artículo científico	Conference paper, Book chapter, Review, Conference review, and Others: (n=8)
Base de datos	Scopus	No-Scopus
Idioma	Inglés	No-Inglés
Línea de tiempo	≤2023	Ninguno
Fecha de búsqueda	26-Oct-23	26-Oct-23

2.2.1. Análisis de rendimiento

El análisis de rendimiento es una forma estadística descriptiva y sencilla de evaluar las métricas de publicación y citación. Estas métricas incluyen el número de publicaciones y el número de citas (para autores, instituciones y países) como indicadores de la productividad y la influencia de las publicaciones en esta área, respectivamente. El conteo completo y el conteo fraccionado en publicaciones y citas se utilizan a menudo para calcular las métricas de rendimiento en muchos estudios bibliométricos (van Eck & Waltman, 2010), además sugirieron que el uso del método de conteo fraccionado es preferible al método de conteo completo, ya que a cada estudio se le asigna un peso justo en publicaciones y citas. En el caso de los autores productivos, la publicación fraccionada asigna las publicaciones en coautoría a un solo autor con un recuento de peso fraccionario. Por ejemplo, a cada autor se le asignará el mismo peso de $1/5 = 0,2$ si hay cinco coautores de una sola

Revista Científica de la UNF - Aypate

publicación. Un método de conteo similar se aplica para las citas fraccionarias. Este estudio utiliza el método de conteo fraccionado para calcular el número de publicaciones y el número de citas para determinar los autores productivos, las instituciones y los países autores.

2.2.2. Mapeo científico

El mapeo científico implica identificar relaciones entre elementos de investigación en forma de interacciones intelectuales y conexiones estructurales dentro del marco de la investigación. (Kent Baker et al., 2020). La fuerza de la relación entre los estudios de rasgos se ilustra por el tamaño de los nodos y el grosor de los bordes. Por ejemplo, en el caso de la colaboración de autores, el tamaño del nodo corresponde a la cantidad de artículos compartidos con otros autores. El espesor de borde se utiliza para mapas de colaboración, y cuando existe una alta relación de colaboración entre dos autores, se puede observar claramente una mayor densidad de espesor de borde entre nodos.

El valor del espesor del límite se puede determinar mediante una correlación directa entre el número de publicaciones de dos autores. Hay más de 30 herramientas de análisis disponibles para el mapeo científico (Li et al., 2020). El análisis de coautoría y el análisis de cocitaciones son herramientas populares utilizadas para el mapeo científico.

El software VOSviewer (van Eck & Waltman, 2010) y el paquete “bibliometrix” en Rstudio (Bibliometrix R-package) (Aria & Cuccurullo, 2017) se han utilizado ampliamente en muchos estudios bibliométricos para crear y visualizar redes (por ejemplo, coautoría, coocurrencia, redes de cocitación, y palabras claves). Estas herramientas identifican eficaz y eficientemente similitudes entre estudios científicos agrupados en parámetros y generan temas de investigación clave en todos los grupos. (Nobanee et al., 2021).

Con ello, este estudio, utiliza el análisis bibliométrico para proporcionar una revisión integral del campo de investigación de la eficiencia productiva en la industria pesquera desde 1979 hasta 2023, considerando la salvedad que, la ejecución de la búsqueda en Scopus se realizó el 26 de octubre de 2023, tal como se muestra en la Tabla 2.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Resumen de las tendencias de publicación

El número de artículos de investigación publicados desde 1979 hasta 2023 es presentado en la Fig. 2. Se publicó el artículo de investigación más antiguo sobre el tema de la eficiencia productiva de la pesca utilizando el enfoque de frontera. En los primeros años (1979-1981), el indicador experimenta variaciones modestas, con pequeños incrementos y disminuciones. A partir de 1982, se observa un período de estabilidad (1982, 1988, y 1993) intercalado con algunos años de aumento moderado. La década de 1990 marca un cambio significativo con un aumento notable en los valores, especialmente a partir de 1996. Este incremento se intensifica durante los años siguientes, culminando en un aumento sustancial en la primera mitad de la

Revista Científica de la UNF - Aypate

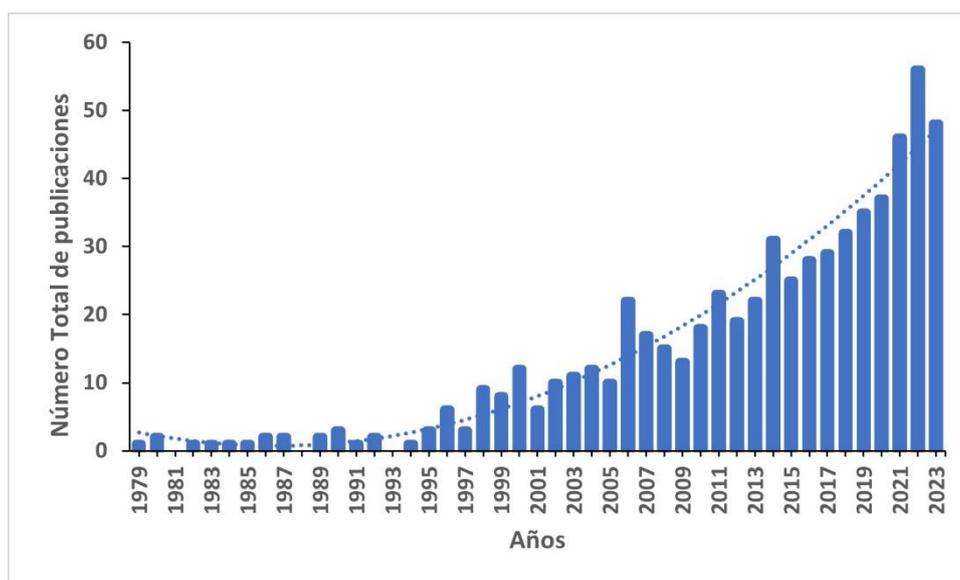
década de 2000, con un pico destacado en 2005. Durante un período de 44 años, se publicaron un total de 626 artículos de investigación y la tasa de crecimiento anual de las publicaciones fue del 9,35%, este valor representa la tasa de crecimiento promedio anual compuesta a lo largo de los años.

Posteriormente, entre 2006 y 2013, se registra una fase de crecimiento continuo, aunque con una variabilidad menor. A partir de 2014, se observa un aumento más pronunciado, que se mantiene constante hasta el año 2022. En el último periodo, se destaca un crecimiento continuo hasta 2022, con un pico máximo en ese año. Sin embargo, en 2023 se presenta una disminución, indicando una posible estabilización o un cambio en la tendencia alcista previa.

En resumen, se muestra una evolución general positiva a lo largo de los años, con periodos de crecimiento más rápido intercalados con fases de aumento más moderado. La observación detenida de estas tendencias podría proporcionar información valiosa sobre los factores que impulsan estos cambios y las posibles influencias en el fenómeno que se está midiendo.

Figura 2.

Número total de publicaciones en el campo.



3.2. Autores más productivos e influyentes

La **tabla 3** proporciona información sobre las 10 mayores contribuciones en publicaciones por autor de un total de 1746, incluyendo el número de publicaciones, el número de publicaciones en las que el autor figura como primer autor, la ponderación de las publicaciones en porcentaje en relación con el total, y el número de citas recibidas por el autor. Donde: Pascoe, S., tiene un total de 16 publicaciones, de las cuales 5 son publicaciones en las que figura como primer autor. Las publicaciones ponderadas representan el 2,56% del total y ha recibido 417 citas, Khan, M.A., tiene un total de 8 publicaciones, de las cuales 4 son publicaciones en las que figura como primer autor. Las publicaciones ponderadas representan el 1,28% del total y ha recibido 156 citas, Sharma, K.R., tiene un total de 8 publicaciones, de las cuales 7 son publicaciones en las que figura como primer autor. Las publicaciones

Revista Científica de la UNF - Aypate

La **Tabla 4** proporciona información sobre las instituciones y su contribución en términos de número de publicaciones, publicaciones ponderadas y número de citas en un período que abarca desde 1979 hasta 2023.

En la columna "Institución", se enumeran los nombres de las instituciones de investigación o universidades, como también las diferentes publicaciones ponderadas y número de citas para cada Universidad o institución. La Universiti Putra Malaysia lidera en el número de publicaciones con 27, representando el 4,31% de las publicaciones ponderadas. Sin embargo, su impacto en términos de citas se encuentra en el séptimo lugar. Aunque ocupa el segundo lugar en número de publicaciones, la Universidad Northeast Fisheries Science Center destaca significativamente al liderar en número de citas con 3309, sugiriendo un alto impacto y relevancia en la comunidad científica. La University Of Santiago De Compostela se sitúa en tercer lugar en número de publicaciones y cuarta posición en número de citas, indicando un buen equilibrio entre cantidad y calidad de la investigación. También Ocean University Of China se ubica en la cuarta posición en número de publicaciones, se encuentra en el octavo lugar en número de citas, sugiriendo que podría haber espacio para mejorar su impacto en la comunidad científica. Y como quinto lugar Nanjing Agricultural University, esta institución ocupa el quinto lugar en número de publicaciones y el noveno en número de citas, lo que indica un impacto moderado en comparación con otras instituciones.

En general, esta visión de tabla proporciona un detalle del rendimiento relativo de estas instituciones en términos de publicaciones y citas, lo que puede ser valioso para evaluar la productividad y el impacto de la investigación en el ámbito científico.

Tabla 4

Contribución de instituciones en publicaciones

Institución	Número de publicaciones	Publicaciones ponderadas (%)	Número de citas
Universiti Putra Malaysia	27 (1)	4.31	628 (7)
Northeast Fisheries Science Center	22 (2)	3.51	3309 (1)
University Of Santiago De Compostela	20 (3)	3.19	1145 (4)
Ocean University Of China	16 (4)	2.56	576 (8)
Nanjing Agricultural University	14 (5)	2.24	380 (9)
Norwegian University Of Science And Technology	12 (6)	1.92	839 (6)
University Of Portsmouth	12 (7)	1.92	1155 (3)
Alaska Fisheries Science Center	11 (8)	1.76	1024 (5)
Icar-Central Institute Of Fisheries Education	11 (9)	1.76	203 (10)
Michigan State University	11 (10)	1.76	1200 (2)

Nota. Las publicaciones ponderadas son las publicaciones ponderadas del total fraccionario para una institución a razón de todas las instituciones para todas las publicaciones durante 1979-2023.

3.4. Países de los autores más productivos e influyentes

En los primeros años de la investigación (1979-1990), la preponderancia de las publicaciones se concentró en áreas geográficas específicas como Estados Unidos, Canadá, Reino Unido, Australia y Bélgica (5 países). Posteriormente, y gracias a la colaboración internacional que, en cierta medida, propició este cambio, el ámbito de

Revista Científica de la UNF - Aypate

la Eficiencia Productiva en la industria pesquera experimentó una expansión gradual hacia regiones geográficas más extensas, a expandir desde Asia hasta las zonas de Sudamérica (76 países).

Las "publicaciones ponderadas" representan la ponderación de las publicaciones totales fraccionadas para un país en relación con todas las publicaciones durante el periodo de 1979-2023. Los números entre paréntesis indican el orden de clasificación basado en el porcentaje de publicaciones ponderadas.

Esta información ofrece una perspectiva sobre la contribución relativa de cada país en términos de producción científica y su impacto, evaluada a través del número de citas. Estados Unidos lidera tanto en términos de cantidad como de impacto, seguido por China, España y otros países que contribuyen significativamente al panorama científico en el período analizado.

Con 187 publicaciones, Estados Unidos lidera en cantidad de contribuciones científicas y su alta ponderación del 29,87% indica una influencia significativa en el total fraccionario de todas las publicaciones. Seguido de China, con 65 publicaciones, demuestra un crecimiento significativo en su producción científica,

aunque su cantidad de publicaciones es menor que la de Estados Unidos, su porcentaje ponderado del 10.38% sugiere una presencia notable y en aumento en la investigación. Del mismo modo España, con 46 publicaciones, muestra una contribución considerable al panorama científico, como también un elevado porcentaje ponderado del 7.35% indica una influencia significativa en proporción al total fraccionario.

En los últimos lugares se encuentra, aunque la India quien tiene un número modesto de publicaciones (26), su porcentaje ponderado del 4,15% sugiere una influencia proporcionalmente significativa.

Estos datos proporcionan una visión panorámica de la distribución geográfica de la investigación en el campo, destacando tanto la cantidad como la influencia relativa de cada país. Es importante considerar estos factores al evaluar la contribución global de cada nación al avance del conocimiento en este ámbito específico.

Tabla 5.

Los 10 países autores más productivos.

Pais	Número de Publicaciones	Publicaciones ponderadas (%)	Número de citas
Estados Unidos	187	29.87	5533 (1)
China	65	10.38	959 (6)
España	46	7.35	1145 (3)
Australia	41	6.55	981 (5)
Canada	36	5.75	1014 (4)
Reino Unido	33	5.27	1155 (2)
Noruega	29	4.63	839 (7)
India	26	4.15	203 (10)
Francia	25	3.99	405 (9)
Alemania	49	7.83	449 (8)

Nota. Las publicaciones ponderadas son la ponderación de las publicaciones totales fraccionadas para un país a razón de todas las publicaciones durante 1979-2023. Los números entre paréntesis indican el orden de clasificación.

3.5.Revistas más productivas e influyentes.

La **Tabla 6** presenta información sobre las 10 revistas más relevantes en un campo específico, junto con el número de publicaciones y el número de citas que han recibido en un período determinado. Las revistas son las siguientes: "Aquaculture Economics And Management" es la revista más relevante, con 30 publicaciones y 857 citas, lo que la coloca en el primer lugar tanto en términos de publicaciones como de citas, " Fisheries Research " se ubica con 26 publicaciones, es la segunda revista más prolífica y aunque ocupa el segundo lugar en número de citas (671), sigue siendo una fuente significativa de investigación, también la revista "Aquaculture" cuenta con 24 publicaciones, es otra revista destacada en términos de cantidad y ocupa el tercer lugar en el número de citas (746), sugiriendo una influencia sustancial en la investigación.

En resumen, la tabla sugiere que las revistas "Aquaculture Economics And Management", "Fisheries Research" y "Aquaculture" son líderes destacados tanto en cantidad como en influencia en este campo específico. Sin embargo, otras revistas también contribuyen significativamente a la investigación y ofrecen una variedad de perspectivas en la economía y gestión acuícola.

Tabla 6.

Las 10 revistas más relevantes.

Revista	Número de Publicaciones	Número de citas
Aquaculture Economics And Management	30 (1)	857 (1)
Fisheries Research	26 (2)	671 (3)
Aquaculture	24 (3)	746 (2)
Marine Resource Economics	21 (4)	397 (6)
Marine Policy	18 (5)	329 (9)
Canadian Journal Of Fisheries And Aquatic Sciences	16 (6 =)	462 (5)
Ices Journal Of Marine Science	16 (6 =)	336 (8)
Journal Of Productivity Analysis	9 (8 =)	348 (7)
European Journal Of Operational Research	8 (8 =)	618 (4)
Sustainability (Switzerland)	8 (8 =)	67 (10)

Nota. Los números entre paréntesis indican el orden de clasificación.

La tabla 7 proporciona información sobre varios artículos académicos, incluyendo la revista en la que fueron publicadas, el total de citas globales y el total de citas locales.

Hoff (2007) Encabeza la tabla con el mayor total de citas globales (358) y ocupa la cuarta posición en cuanto a total de citas locales (2) e indica que este artículo ha tenido un impacto significativo a nivel mundial, siendo ampliamente citado, aunque con menos citas locales en comparación con su impacto global. Ghosh y Adeli (2007) se sitúa en la segunda posición en términos de total de citas globales (350) pero no ha recibido citas locales (0) y aunque tiene un impacto global considerable, su falta de citas locales podría sugerir que su influencia no se ha convertido de manera significativa en el ámbito específico de la revista. Wang y Fiedler (2006), ocupa el tercer lugar en total de citas globales (248) y no tiene citas locales

(0) y aunque ha recibido un número significativo de citas a nivel global, parece que su impacto local es limitado. Grafton et al. (2000), tiene el cuarto mayor total de citas globales (242) y el mayor total de citas locales (39) y destaca por su impacto tanto a nivel mundial como local, siendo especialmente influyente en la revista específica en la que fue publicada. Los artículos restantes muestran diversos niveles de citación global y local, y su posición en la tabla refleja la combinación de estos dos factores.

En general, la tabla visión proporciona una lista detallada, la citación de artículos específicos en diferentes revistas. La variabilidad en el total de citas globales y locales sugiere diferentes niveles de impacto y reconocimiento en la comunidad académica a nivel mundial y en contextos más específicos, como las revistas particulares en las que fueron publicadas.

Tabla 7.

Los 10 artículos más citados.

Artículo	Revista	Total citas globales	Total citas locales
Hoff (2007) Ghosh and Adeli (2007)	European Journal of Operational Research	358 (1)	2 (4 =)
Wang and Fiedler (2006)	Integrated Computer-Aided Engineering	350 (2)	0 (8 =)
Grafton et al. (2000)	Progress in Oceanography	248 (3)	0 (8 =)
Shen (1997)	The Journal of Law and Economics	242 (4)	39 (1)
Vázquez et al. (2012)	The Annals of Statistics	175 (5)	2 (4 =)
Cortés et all.(2010)	Journal of Cleaner Production	171 (6)	4 (3)
Fauchald (1999)	Aquatic Living Resources	161 (7)	1 (6 =)
Grossman (1986)	The American Naturalist	157 (8)	1 (6 =)
O'donnell (2010)	Journal of Zoology	148 (9)	0 (8 =)
	The Australian Journal of Agricultural and Resource Economics	144 (10)	14 (2)

Nota. Los números entre paréntesis indican el orden de clasificación.

3.6. Análisis de la red de citas

Una red de cocitaciones de autores citados se refiere a un enfoque en la revisión bibliográfica que analiza las conexiones entre autores a través de las citas que reciben en trabajos académicos. Este tipo de red se construye identificando las citas que se realizan a dos o más autores en una serie de documentos académicos. Estos son representados por clústers identificados por color, tal y como se describe a continuación:

El clúster 1 (color rojo), muestra a Squires D. como el autor que más ha interactuado dentro de su clúster y quién estudia conceptos como, modelos de funciones de producción de frontera estocástica y Análisis Envolvente de Datos (DEA) (Squires & Kirkley, 1999).

El clúster 2 (color verde), muestra a Coelli T.J. como el autor que más ha interactuado académicamente dentro de este clúster con temas, como el estudio modelos de frontera y medición de eficiencia (Coelli et al., 2005), modelo para efectos de ineficiencia técnica en una función de producción de frontera estocástica para datos de panel, entre otros.

Revista Científica de la UNF - Aypate
relacionados con la pesca y la economía pesquera en el contexto específico de estudio.

Figura 5.
Principales palabras claves de investigación

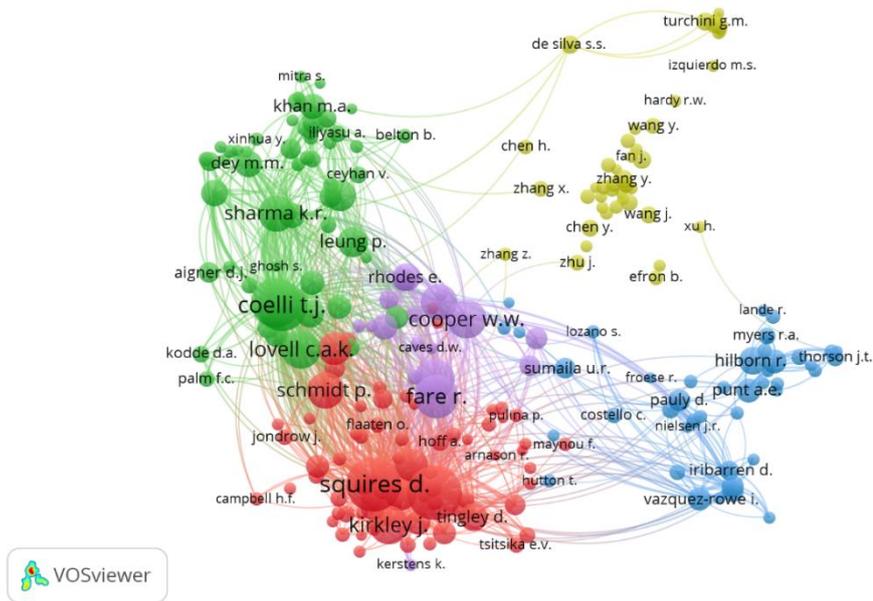
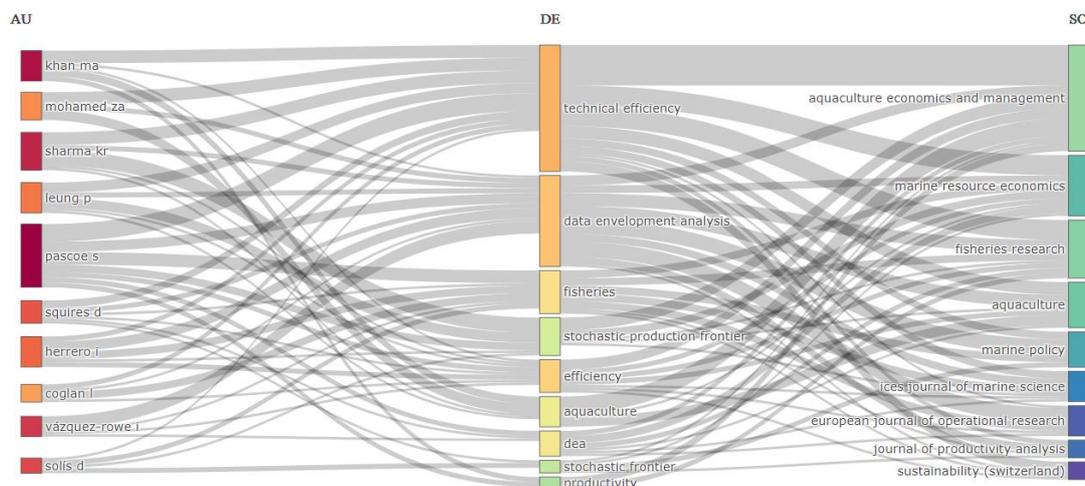


Figura 6.

Gráfico de tres campos, centro (Palabras claves), lado izquierdo (Autor) y lado derecho (Journal)



4. CONCLUSIONES

Se llevó a cabo un exhaustivo análisis bibliométrico con el propósito de examinar la literatura relacionada con la Eficiencia Productiva en la industria pesquera, a exponer el período desde 1979 hasta 2023. Se logró identificar a 1746 autores individuales que contribuyeron a un total de 626 publicaciones en revistas indexadas en Scopus durante este extenso intervalo temporal. Los resultados del análisis bibliométrico revelaron un creciente interés en el ámbito de la Eficiencia Productiva en la industria pesquera a lo largo de las últimas décadas. Este interés ascendente se refleja en la notable tasa de crecimiento de las publicaciones en este campo, la cual alcanzó un 9.35% desde el año 1979 hasta el 2023. Este fenómeno subraya la creciente importancia y relevancia de la investigación relacionada con la eficiencia productiva en el ámbito específico de la industria pesquera.

En los primeros años de la investigación (1979-1990), la preponderancia de las publicaciones se concentró en áreas geográficas específicas como Estados Unidos, Canadá, Reino Unido, Australia y Bélgica (5 países). Posteriormente, y gracias a la colaboración internacional que, en cierta medida, propició este cambio, el ámbito de la Eficiencia Productiva en la industria pesquera experimentó una expansión gradual hacia regiones geográficas más extensas, a expandir desde Asia hasta las zonas de Sudamérica (76 países). Este fenómeno ilustra una evolución significativa en la cobertura geográfica de la investigación, evidenciando una perspectiva cada vez más global y colaborativa en el estudio de la eficiencia productiva en la industria pesquera.

Este estudio ha logrado identificar las revistas recurrentes que fueron ampliamente preferidas por los investigadores para la publicación de sus producciones científicas. Entre estas revistas destacadas se encuentran Aquaculture Economics And Management, Fisheries Research, Aquaculture, Marine Resource Economics y Marine Policy.

Los hallazgos derivados del análisis de palabras clave del autor revelan una tendencia ascendente en el interés de los investigadores hacia temáticas vinculadas a la "eficiencia técnica", "eficiencia económica", "gestión pesquera", "optimización", "economía pesquera", "eficiencia" y "sustentabilidad". Este aumento de atención denota una evolución progresiva en la investigación dentro del ámbito de la Eficiencia Productiva en la Industria Pesquera. En paralelo, se constata que el empleo de metodologías como el "Análisis Envolvente de

Datos (DEA)" y el "Análisis de Frontera Estocástica (SFA)" se logran identificar como una práctica recurrente y destacada en este campo de estudio. En particular, el enfoque DEA se aplica con frecuencia para evaluar el rendimiento basado en la eficiencia de organizaciones orientadas a la productividad, ofreciendo un terreno de investigación intrigante para diversos académicos en este campo. Por otro lado, la técnica de Análisis de Frontera Estocástica (SFA) ha adquirido un papel esencial en la comunidad científica, especialmente en el cálculo de la eficiencia técnica o en la realización de evaluaciones comparativas (Benchmarking) entre ambos modelos.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Aria, M., & Cuccurullo, C. (2017). bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis. *Journal of Informetrics*, 11(4), 959-975. <https://doi.org/10.1016/j.joi.2017.08.007>
- Coelli, T. J., Rao, D. S. P., O'Donnell, C. J., & Battese, G. E. (2005). *An introduction to efficiency and productivity analysis* (Vol. 1, pp. 1-349). Springer. <https://doi.org/10.1007/b136381>
- Dağtekin, M., Uysal, O., Candemir, S., & Genç, Y. (2021). Productive efficiency of the pelagic trawl fisheries in the Southern Black Sea. *Regional Studies in Marine Science*, 45, 101853. <https://doi.org/10.1016/j.rsma.2021.101853>
- Daraio, C., Kerstens, K., Nepomuceno, T., & Sickles, R. C. (2020). Empirical surveys of frontier applications: A meta-review. *International Transactions in Operational Research*, 27(2), 709-738. <https://doi.org/10.1111/itor.12649>
- Donthu, N., Kumar, S., Mukherjee, D., Pandey, N., & Lim, W. M. (2021). How to conduct a bibliometric analysis: An overview and guidelines. *Journal of Business Research*, 133, 285-296. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2021.04.070>
- Gao, J., Zhu, S., Li, D., Jiang, H., Deng, G., Wen, Y., He, C., & Cao, Y. (2023). Bibliometric analysis of climate change and water quality. *Hydrobiologia*, 850(16), 3441-3459. <https://doi.org/10.1007/s10750-023-05270-y>
- Kent Baker, H., Pandey, N., Kumar, S., & Haldar, A. (2020). A bibliometric analysis of board diversity: Current status, development, and future research directions. *Journal of Business Research*, 108, 232-246. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2019.11.025>
- Li, J., Goerlandt, F., & Reniers, G. (2020). Mapping process safety: A retrospective scientometric analysis of three process safety related journals (1999–2018). *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 65, 104141. <https://doi.org/10.1016/j.jlp.2020.104141>
- Magadán-Díaz, M., & Rivas-García, J. I. (2022). Publishing Industry: A Bibliometric Analysis of the Scientific Production Indexed in Scopus. *Publishing Research Quarterly*, 38(4), 665-683. <https://doi.org/10.1007/s12109-022-09911-3>
- Nobanee, H., Al Hamadi, F. Y., Abdulaziz, F. A., Abukarsh, L. S., Alqahtani, A. F., AlSubaey, S. K., Alqahtani, S. M., & Almansoori, H. A. (2021). A Bibliometric Analysis of Sustainability and Risk Management. *Sustainability*, 13(6), 3277. <https://doi.org/10.3390/su13063277>

- Pascoe, S. (2001). Physical versus harvest-based measures of capacity: The case of the United Kingdom vessel capacity unit system. *ICES Journal of Marine Science*, 58(6), 1243-1252. <https://doi.org/10.1006/jmsc.2001.1093>
- Predragovic, M., Cvitanovic, Christopher, Karcher, Denis B., Tietbohl, Matthew D., Sumaila, U. Rashid, & Costa, Bárbara Horta e. (2023). A systematic literature review of climate change research on Europe's threatened commercial fish species. *Ocean and Coastal Management*. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2023.106719>
- Sekhar, R., Shah, P., & Iswanto, I. (2022). Robotics in Industry 4.0: A Bibliometric Analysis (2011-2022). *Journal of Robotics and Control (JRC)*, 3(5), Article 5. <https://doi.org/10.18196/jrc.v3i5.15453>
- Sharma, K. R., & Leung, P. (1998). Technical Efficiency of the Longline Fishery in Hawaii: An Application of a Stochastic Production Frontier. *Marine Resource Economics*, 13(4), 259-274.
- Squires, D., & Kirkley, J. (1999). Skipper skill and panel data in fishing industries. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 56(11), 2011-2018. <https://doi.org/10.1139/f99-135>
- Thelwall, M. (2008). Bibliometrics to webometrics. *Journal of Information Science*, 34(4), 605-621. <https://doi.org/10.1177/0165551507087238>
- van Eck, N. J., & Waltman, L. (2010). Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping. *Scientometrics*, 84(2), 523-538. <https://doi.org/10.1007/s11192-009-0146-3>
- Weir, P., & Dahlhaus, P. (2023). In search of pragmatic soil moisture mapping at the field scale: A review. *Smart Agricultural Technology*, 6, 100330. <https://doi.org/10.1016/j.atech.2023.100330>
- Zayat, W., Kilic, H. S., Yalcin, A. S., Zaim, S., & Delen, D. (2023). Application of MADM methods in Industry 4.0: A literature review. *Computers & Industrial Engineering*, 177, 109075. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2023.109075>