

VOL. 3 NUM. 1 - 2023

UNISCSJA - REVISTA CIENTÍFICA YOTANTSIPANKO - Vol. 03 - Num. 01 - 2023



REVISTA CIENTÍFICA YOTANTSIPANKO

ISSN 2789-5475

**UNIVERSIDAD NACIONAL INTERCULTURAL DE LA SELVA CENTRAL
JUAN SANTOS ATAHUALPA**

**LICENCIA CREATIVE
COMMONS**

Dirección: Av. Perú 612, Pampa del Carmen-Chanchamayo
Junín - Perú



YOTANTSIPANKO

Revista científica multidisciplinaria de la Dirección de Innovación y Transferencia Tecnológica de la Universidad Nacional Intercultural de la Selva Central Juan Santos Atahualpa, Perú

VICEPRESIDENTE DE INVESTIGACIÓN

Dr. Rommel Lopez Alvarado

Universidad Nacional Intercultural de la Selva Central Juan Santos Atahualpa, Perú

EDITOR EN JEFE

Mg. Daniel Martin Álvarez Tolentino - Universidad Nacional Intercultural de la Selva Central Juan Santos Atahualpa, Perú

COORDINADOR EDITORIAL

Mayela Ruthcenda Jara Inga - Universidad Nacional Intercultural de la Selva Central Juan Santos Atahualpa, Perú

EDITORES ASOCIADOS

Dr. Alex Ruben Huamán De La Cruz - Universidad Nacional Intercultural de la Selva Central Juan Santos Atahualpa, Perú

Dra. Lupe Marilu Huanca Rojas - Universidad Nacional Intercultural de la Selva Central Juan Santos Atahualpa, Perú

MSc. Eduardo Josue Oyague Passuni - Universidad Nacional Intercultural de la Selva Central Juan Santos Atahualpa, Perú

CORRECTOR DE ESTILO Y GRAMÁTICA

Lic. Cintya Patricia Sánchez Chumpitasi

Universidad Nacional del Centro del Perú, Perú

FIGURA DE PORTADA

Oficina de Comunicaciones e Imagen Institucional - Universidad Nacional Intercultural de la Selva Central Juan Santos Atahualpa, Perú

Disponible en texto completo en : <https://revistas.uniscjsa.edu.pe/index.php/Yotantsipanko>

ISSN Versión electrónica : 2789-5475



Esta obra está bajo un licencia de Creative Commons
Reconocimiento No Comercial 4-0 Internacional.

EDITORIAL

Ciencia y Desarrollo Sostenible



Uno de los roles de responsabilidad social que tienen las universidades en el Perú es la generación de conocimientos para la contribución de soluciones ante problemas, en ello la investigación tiene una importancia trascendental.

En el Perú y la Selva Central se tienen varios problemas como las quemas y deforestación de bosques primarios y secundarios, contaminación de fuentes naturales como los suelos y aguas, perturbación de diferentes ambientes y un crecimiento poblacional desordenado.

Todos estos problemas se combinan con los efectos del cambio climático en un contexto de post pandemia del Covid-19, el cual provoca la desaparición de la diversidad biológica, pérdida de servicios ecosistémicos y la aparición de plagas y enfermedades en diferentes ambientes, las cuales tienen impacto negativo en la producción agrícola y ganadera afectando la seguridad alimentaria y la economía de nuestras poblaciones.

El Perú pertenece al grupo de países que se comprometieron en el cumplimiento de la Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) que buscan un desarrollo sostenible en nuestras actividades humanas sin afectar los recursos y servicios ecosistémicos de las generaciones futuras, sobre todo en un país multidiverso y pluricultural.

A pesar de ello, los logros son escasos, a nivel nacional tenemos diferentes documentos de gestión para el logro de los compromisos internacionales como la Ley Marco de Cambio climático (LEY N° 30754), pero a nivel regional y local no se tiene muchos avances debido al desconocimiento de nuestras autoridades y funcionarios y/o a la disponibilidad de información para la toma de decisiones.

Con el ánimo de seguir contribuyendo con información científica, la presente edición de la revista Yotantsipanko, incluye trabajos de investigación ligados a producción agraria, tratamiento de aguas servidas, evaluación de tratamientos y aplicación de softwares para ingeniería civil.

Seguimos animando a los estudiantes, docentes y profesionales de las diferentes universidades e instituciones a nivel nacional e internacional, a seguir confiando en nuestra revista para poder publicar sus contribuciones a la ciencia con enfoque de búsqueda de políticas públicas en beneficio de nuestra sociedad.

Atentamente,

Editor en Jefe
Revista Científica
YOTANTSIPANKO

Contenido

Editorial	05
Financiamiento en la producción y comercialización del café en la provincia de Leoncio Prado, Huánuco (Perú) durante la pandemia del Covid-19	07
Monitoreo de aguas residuales y evaluación del cumplimiento de Valores Máximos Admisibles (VMA) en colectores primarios del área de drenaje de una planta de tratamiento	19
Evaluación de macrofitas <i>Pistia stratiotes</i> y <i>Eichhornia crassipes</i> en la neutralización de pH y reducción de sólidos en suspensión de aguas residuales Pichanaqui, Junín (Perú)	37
Importancia de la aplicación del vermicompost en suelo degradado por sobrecultivo de Jengibre (<i>Zingiber officinale</i>), Chanchamayo (Perú)	49
Análisis estructural utilizando el software ETABS para la identificación del sistema estructural.....	61
Análisis estructural de armaduras planas aplicando el método matricial de rigidez en suelos de selva, Chanchamayo (Perú)	73



Financiamiento en la producción y comercialización
del café en la provincia de Leoncio Prado, Huánuco
(Perú) durante la pandemia del Covid-19



ARTICULO ORIGINAL

Financiamiento en la producción y comercialización del café en la provincia de Leoncio Prado, Huánuco (Perú) durante la pandemia del Covid-19

Financing for the production and marketing of coffee in the province of Leoncio Prado, Huánuco (Peru) during the Covid-19 pandemic

Royer Santelle Ferrer Tarazona ^{1*} , Fidilberto Vargas Paita ¹ 

RESUMEN

El trabajo de investigación tiene como objetivo conocer el financiamiento en la producción y comercialización de café en la provincia de Leoncio Prado, (Pasco) en el centro del Perú. El método, se seleccionó 107 agricultores que cuentan con la plantación de café en producción, el periodo de estudio fue la campaña agrícola 2020 -2021 durante la pandemia COVID-19. Se aplicaron las técnicas de encuestas y cuestionarios para el procesamiento de datos. Los resultados muestran que el 51% de los agricultores no recibe ningún tipo de financiamiento, el Estado a través del Agrobanco financia al 40% y las Cooperativas de Ahorro y Crédito financian al 6%. La comercialización de los granos del café se realiza en la localidad, el 10% es para intermediarios privados; el 38% a las Cooperativas Agrarias y 51% a ambas partes. Conclusiones. Solo el 3% de los agricultores recibieron financiamiento del sector bancario, mientras que la gran mayoría financia su producción con capital propio.

Palabras clave: Costo de producción; financiamiento; comercialización de café.

ABSTRACT

The objective of the research work is to know the financing in the production and commercialization of coffee in the province of Leoncio Prado, (Pasco) in central Peru. The method, 107 farmers were selected who have coffee plantation in production, the study period was the agricultural campaign 2020 -2021 during the COVID-19 pandemic. Survey and questionnaire techniques were applied for data processing. The results show that 51% of the farmers do not receive any type of financing, the State through Agrobanco finances 40% and the Savings and Credit Cooperatives finance 6%. The commercialization of coffee beans is done locally, 10% is to private intermediaries; 38% to the Agrarian Cooperatives and 51% to both parties. Conclusions. Only 3% of the farmers received financing from the banking sector, while the vast majority financed their production with their own capital.

Keywords: Production cost; financing; coffee marketing.

¹ Universidad Nacional
Agraria de la Selva,
Tingo María, Perú.

*Autor de correspondencia.
E-mail:
royer.ferrer@unas.edu.pe

Recibido: 14 de Abr de 2023
Aprobado: 07 de Jul de 2023
Publicado: 26 de Jul de 2023

Para citar este artículo:

Ferrer Tarazona R., Vargas Paita F. (2023). Financiamiento en la producción y comercialización del café en la provincia de Leoncio Prado, Huánuco (Perú) durante la pandemia del Covid - 19 *Yotantsipanko*, 3(1), 07 - 18.
<https://doi.org/10.54288/yotantsipanko.v3i1.26>



Introducción

El problema principal de los productores de café es la falta de financiamiento, para la producción y comercialización. La producción del café, por su propia naturaleza es de una sola cosecha por campaña lo que implica asumir un alto riesgo, debido a los problemas que pudiera ocurrir en la producción; el acceso crediticio es limitado, y si lo hubiera son altas tasa de interés, carecen de mecanismos de financiamiento para la instalación, renovación y rehabilitación de cafés (Díaz & Carmen, 2017; Peñaloza et al, 2020)

En la investigación se ha planteado la interrogante general: ¿Cómo influyen el financiamiento en la producción y comercialización del café en la provincia de Leoncio Prado durante un periodo de pandemia del COVID-19?, el objetivo fue determinar el financiamiento en la producción y comercialización del café en la provincia de Leoncio Prado en un periodo de emergencia sanitaria.

La presente investigación se justifica, porque es importante analizar la situación económica de los pequeños productores de café, según el MINAGRI (2020) son 223482 familias de pequeños productores de café a nivel nacional y el 95% de ellos son agricultores con 5 hectáreas o menos de extensión. El 30% de los productores de café pertenecen a algún tipo de organización y el 20% exporta directamente a través de sus organizaciones de productores. El 49.50% abona

su parcela cafetalera conduce sus predios de café cuenta con alta tecnología y el 7% tiene acceso al crédito.

Como antecedente de investigación tenemos la propuesta de modelo Modigliani y Miller (1958): prescribe lo que debe hacer una empresa respecto a su endeudamiento, para maximizar su valor en el mercado. Así mismo comenta los problemas financieros no pueden abordarse si no nos preguntamos por cuál es la rentabilidad de las inversiones, cuál es el costo de los fondos y cómo varía éste en función de la forma de financiación deseada (Wagner, 2001)

Materiales y métodos

La investigación se ubica en el tipo de investigación básica, nivel de investigación descriptiva, de corte transversal y diseño de la investigación es no experimental en un contexto de pandemia COVID-19.

La investigación se realizó en el departamento de Huánuco, provincia de Leoncio Prado, distritos de Hermilio Valdizán, Daniel Alomías Robles, Luyando y Mariano Dámaso Beraun.

Según información del perfil productivo y competitivo de los principales cultivos del sector en Minagri (2020), a nivel de la provincia de Leoncio Prado a diciembre del 2019 cuenta con

14,158 productores, de los cuales la población de estudio de Café y Cacao está compuesta por los 5,082 agricultores.

El diseño muestral considera un nivel de confianza del 90%, la probabilidad de éxito 70%, la probabilidad de fracaso 30% y el nivel de error 5%. La muestra de estudio estuvo compuesta por 107 agricultores cafeteros de la provincia de Leoncio Prado, siendo el 85% de género Masculino y 15% femenino.

Se realizó una revisión de fuentes secundarias elaboradas por entidades como: Minagri, INIA y otras instituciones productoras relacionadas al café para tener un diagnóstico de la productividad de la provincia estudiada.

Se aplicó un cuestionario con 16 preguntas para obtener información de primera fuente (Taylor y Bogdan, 1987), cada una con respuestas distintas, el periodo de estudio fue la campaña agrícola 2020 -2021. La variable de estudio fue el financiamiento en la producción y comercialización de café (Horne & Wachawicz).

Resultados

Producción de provincia de Leoncio Prado

Tabla 1

Producción de café en toneladas a nivel de la provincia de Leoncio Prado, campaña agrícola 2019-2020.

Distritos	Toneladas	%
Daniel Alomia Robles	1,784	29 %
Mariano Damaso Beraún	1,757	29 %
Hermilio Valdizán	1,127	19 %
Santo Domingo de Anda	441	7 %
José Crespo y Castillo	319	5 %
Pueblo Nuevo	236	4 %
Castillo Grande	195	3 %
Pucayacu	159	3 %
Rupa Rupa	68	1 %
TOTAL	6,085	100 %

Fuente: Gobierno Regional de Huánuco/Dirección Regional de Agricultura/campaña agrícola 2019-2020

A nivel de la provincia de Leoncio Prado, los distritos que cuentan con mayor producción de café son Daniel Alomia Robles con el 29 % Mariano Damaso Beraun con 29 % y Hermilio Valdizán con 19 % de participación y los otros distritos con menos del 7 %, (Tabla 1)

Según la información de Agrobanco del 2020 el mayor acceso crediticio a nivel del departamento de Huánuco corresponde a la provincia de Puerto Inca con el 79 %, Huánuco

con 11 %, Leoncio Prado 8 % y Ambo apenas con 1 % de participación, por lo que se refleja un limitado acceso crediticio a nivel de la provincia.

Tabla 2:

Financiamiento por Agrobanco a nivel de la Región Huánuco

PROGRAMAS	BENEFICIARIOS	PRÉSTAMO
Agrobanco	9	147,725.00
Fondo Agro Perú	374	2,777,046.00
TOTAL	383	2,924,771.00

Fuente: Agro reporte diciembre 2020

A nivel del departamento de Huánuco el Fondo Agro Perú, con mayor acceso crediticio es para los productores de papa con 84 %, seguido de cacao 11 % y cuyes 3 % y café apenas con 2 % de financiamiento, (Tabla 2).

La Producción por toneladas métricas durante la campaña agrícola 2020 – 2021, de los 10 principales productos a nivel de la provincia de Leoncio Prado, es para plátanos para cocción produce el 63 % en relación con el total de la producción, yuca con 10 %, naranja con el 6 %, piña 5 %, arroz con cáscara 5 %, café con 4 %, Cacao con 4 % y los otros productos con menos de 2 % de participación.

Según la Dirección Regional Agraria (DRA) en el 2020 a nivel de la Provincia de Leoncio Prado la producción por toneladas métricas durante la

campaña agrícola 2020-2021 en cuanto al café fue de 6,370.60 Tn.

Precio internacional de café arábica según International Coffee Organization (2022) desde noviembre del año 2012 el café tenía el precio más alto, y noviembre del 2013 el precio bajo a 10 soles el kilogramo, pero a partir del año 2014 hubo una recuperación en los precios internacionales.

Caracterización de los productores de café durante la pandemia Covid-19

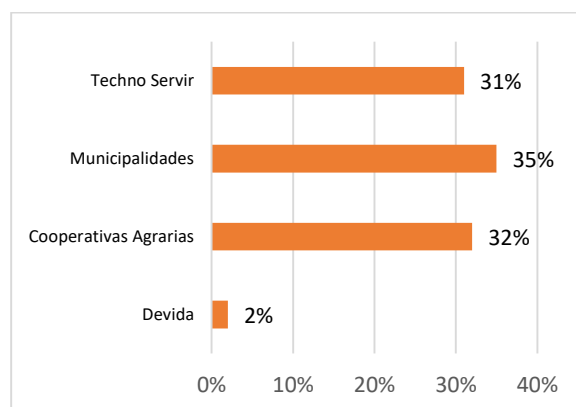


Figura 1. *Instituciones que apoyaron a los productores de café en la provincia de Leoncio Prado durante el 2020-2021*

A nivel de la provincia existen muchas entidades que brindan apoyo en la producción a los productores de café, los encuestados respondieron que el 2 % reciben apoyo de DEVIDA, 32 % de cooperativas, 36 % de las municipalidades y 31 % del sector privado como

es la empresa privada Techno servir, y la mayoría de los apoyos son en servicios de capacitación (Figura 1).

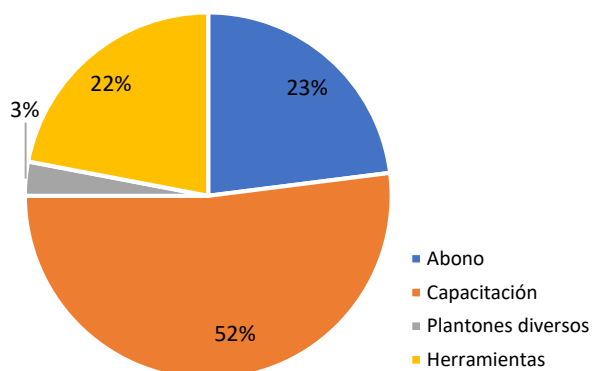


Figura 2. Tipo de apoyo recibido por las instituciones mencionadas en la provincia de Leoncio Prado durante el 2020-2021

Del total de 107 agricultores, son 181 productores recibieron abono, además capacitación. Podemos indicar que el mayor apoyo fue en capacitación con 52 %, seguido de abono con 23 % y en Herramientas con 22 % (Figura 2).

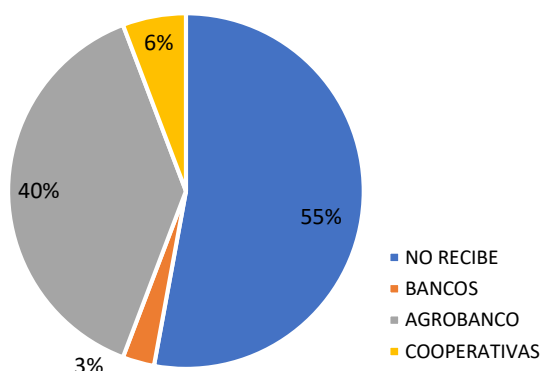


Figura 3. Instituciones que apoyaron a los productores de café en la provincia de Leoncio Prado durante el 2020-2021

En total fueron 49 % (52) productores quienes recibieron financiamiento de instituciones financieras y el 51 % no recibieron financiamiento, lo que indica que trabajaron con capital propio. La banca privada financió solo al 3% (3); la banca estatal a través del Agrobanco financió al 40 % (43) y las Cooperativas de Ahorro y Crédito financiaron al 6 % (6) de los agricultores (Figura 3).

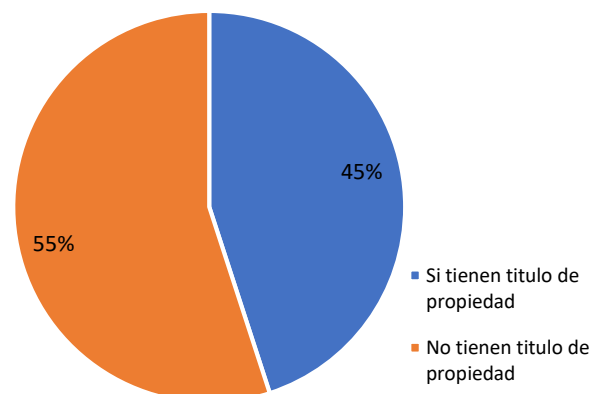


Figura 4. Productores de café con títulos de propiedad de sus predios en la provincia de Leoncio Prado durante el 2020-2021

El título de propiedad de la finca agrícola es una de las herramientas que puede ayudar en el proceso de financiamiento al agricultor, sin embargo, el 55 % no contó con título de propiedad (Figura 4).

El 70 % de los agricultores son independientes y sólo el 30 % pertenece a una Cooperativa Agraria.

Tabla 3: Empleo de abono en su plantación durante el año 2020 y 2021 en la provincia de Leoncio Prado.

DETALLES	AGRICULTORES	%
Sí abona	53	49.50 %
No abona	54	50.50 %
TOTAL	107	100.00 %

El 49.50% de los agricultores si abonan sus plantaciones de café, el restante no abono (Tabla 3).

Tabla 4: Variedad de la plantación de café durante el año 2020 y 2021 en la provincia de Leoncio Prado.

VARIETADES	AGRICULTORES	%
Catimor	90	84 %
Caturra	4	4 %
Catimor y Caturra	13	12 %
TOTAL	107	100 %

En el ámbito del estudio la mayoría cuenta con la variedad de café el Catimor 84 % seguida de Caturra 4% y ambas variedades con 12 % de los agricultores (Tabla 4).

La comercialización del café a nivel de la provincia de Leoncio Prado lo realiza directamente los productores, venta local a los intermediarios privados el 10 %, a las

Cooperativas Agrarias donde es socio el 39 % y la mayor parte vende a ambas partes, es decir el agricultor vende su producción una parte al intermediario local y otra parte a la cooperativa, acumulada representa el 51 % (Figura 5).

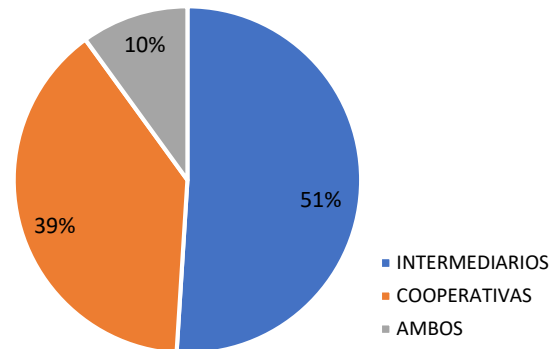


Figura 5. Entes donde se vende la producción de café en la provincia de Leoncio Prado durante el 2020-2021

Discusión

Estudios indican que la producción en términos de variedades de café el 65 % es arábica y 35 % es robusta (Cámara Peruana de Café y Cacao, 2017). La producción de café constituye el sustento económico de 223 mil familias de pequeños productores y es considerado como el principal producto de exportación de nuestro país (Quintana, 2018).

El precio promedio del café a nivel del productor fue de 6.02 soles el kilogramo de café seco. Según International Coffee Organization (2022) el precio internacional del café arábico llegó a

diciembre 2011 cotizarse en el mercado internacional a S/. 23.98 soles.

La edad promedio de la plantación del café resulta de 8 años, por lo que es una buena alternativa por su edad temprana, mientras que, en Costa Rica, el 35,20 % del parque cafetalero costarricense se encuentra con una edad de la plantación de más de veinte años, lo que acarrea problemas de productividad y manejo (Díaz-Gutiérrez, 2019).

Sólo el 3 % de los agricultores tuvieron acceso al financiamiento bancario, mientras que los otros recibieron apoyo del Estado ya sea de Agrobanco o gobiernos locales. Los mayores costos de producción en el proceso “cultivo de mantenimiento y cosecha” representan el 71 % (Zapata Ruiz, 2020)

La Organización Internacional del Café (2019) indica que más del 90 % del café se exporta en forma verde y la adición de valor sigue concentrada en los países importadores (OIC, 2020, p.7-9).

La comercialización que realiza los productores en su totalidad en el mercado local, el 10 % vende a los intermediarios privados, el 38 % a las Cooperativas Agrarias y el 51 % a ambos a la vez. Según la Cámara Peruana de Café y Cacao (2017), el café peruano se vende el 88.8% convencional, 9.8 % certificado y 2.4 % especialidad. Las exportaciones peruanas son manejadas por empresas nacionales en un 40 %, empresas

multinacionales 40 % y organizaciones de productores 20 %.

Pajsi, et al (2019) menciona que la proyección económica de producción de café para 10 años, indica un valor actual neto de 206.9; relación beneficio costo de 1.004 y tasa interna de retorno de 8.37%

El promedio de producción es apenas de 2.77 ha por agricultor lo cual es bastante bajo. MINAGRI (2020) menciona que 223,482 familias de pequeños productores están involucradas con la producción de café a nivel nacional y el 95 % de ellos son agricultores con 5 hectáreas o menos.

Conclusión

A nivel de la provincia de Leoncio Prado los 3 distritos con mayor producción de café son Daniel Alomía Robles 29%, Mariano Damaso Beraun 29% y Hermilio Valdizán 19% que juntas agrupan el 77 % del total de la producción.

En cuanto al financiamiento el 49 % de los agricultores reciben financiamiento de terceros y el 51% no recibe financiamiento, es decir trabaja con capital propio. La banca privada financia sólo al 3 % de los agricultores, el Estado a través del Agrobanco atiende al 40 % y las Cooperativas de ahorro y crédito financian al agricultor 6 %. En tal sentido el acceso al financiamiento en la producción de café es muy limitado, debido al carácter temporal de la

cosecha, los agricultores en su mayoría 55 % tampoco cuentan con título de propiedad de su predio agrícola que dificulta el acceso al financiamiento.

La comercialización de los agricultores cafetaleros se realiza a nivel local, directamente con los intermediarios locales el 10 %, con las Cooperativas Agrarias el 38 % y con ambos el 51 %, a un precio promedio local de S/ 6.0215 el

kilogramo de café seco. Es decir, la comercialización se realiza en su estado natural café en grano sin crear valor para el productor

A nivel de la provincia de Leoncio Prado se cuenta con pequeños productores, que cultivan 2.77 has en promedio por agricultor y que comercializa por campaña una sola vez al año.

Agradecimiento:

Por el financiamiento de la FEDU de la Universidad Nacional Agraria de la Selva

Contribución de los autores

RSFT participó en la elaboración del artículo, contribuyen con en la tabulación e interpretación de la información recopilada y redacción del manuscrito

FVP participó en la concepción del artículo, recolección de datos, redacción de manuscrito y elaboración de las referencias bibliográficas.

Conflictos de interés

No presenta conflicto de intereses.

Referencias

Camara Peruana de Café y Cacao. . (2017). *Estudio de mercado del café peruano. Posicion internacional y el segmento de café sostenibles*. Lima: Proyecto Cafe y clima. Ejecutado por la camara peruana de cafe y cacao en el marco del programa Secompetitivo de la cooperacion Suiza - SECO. Obtenido de <https://camcafeperu.com.pe/admin/recursos/publicaciones/Estudio-de-mercado-del-cafe-peruano.pdf>

Diaz - Gutierrez, C. (2019). *Rentabilidad financiera en la renovación de siembras de café en Los Santos, Costa Rica*. Costa Rica: Tecnología en Marcha, 32(1), 179-192. <https://dx.doi.org/10.8845/tm.v32.i1.4127>. Obtenido de https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S0379-39822019000100179&script=sci_arttext.

Diaz Vargas , C., & Carmen Willems, M. (2017). *Línea de base del sector cafe en el Perú. Documento de trabajo*. Lima. Obtenido de Pnud: file:///C:/Users/ASUS/AppData/Local/Packages/Microsoft.MicrosoftEdge_8wekyb3d8bbwe/TempState/Downloads/Libro%20cafe_PNUD_PE%20(1).pdf

[International Coffee Organization \(2022\); Thomson Reuters Datastream; Complete Coffee Coverage; World Bank.](https://www.indexmundi.com/es/precios-de-mercado/?mercancia=cafe-arabica&meses=12&moneda=pen) En <https://www.indexmundi.com/es/precios-de-mercado/?mercancia=cafe-arabica&meses=12&moneda=pen>.

Marcias Martinez, a., & Riaño Luna, C. (2002). Cafe organico: caracterizacion, torrefaccion y enfriamiento. 12. Recuperado el 14 de setiembre de 2020, de <https://biblioteca.cenicafe.org/handle/10778/1035>

MINAGRI. (2020). *Perfil Productivo y competitivo de los principales cultivos del sector*. Obtenido de <http://sieabi.minagri.gob.pe/>: <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiZmM2NzYyMzYtMmVINi00NGI5LWYyOGMtOTAwMjI1YmQxMGQzliwidCI6IjdmMDg0NjI3LTdmNDAtNDg3OS04OTE3LTk0Yjg2ZmQzNWYzZiI9>

Monsalve de Hernández, J., & García Santiago, F. (2016). *Financiamiento en unidades de producción cafetaleras, municipio Antonio Pinto Salinas, Mérida, Venezuela*. Venezuela: Universidad de los Andes, Visión Gerencial, núm. 2, pp. 358-374, 2016. Obtenido de <https://www.redalyc.org/journal/4655/465549558013/html/>

Pajsi C., José L., Aparicio Porres, Juan José, Mendoza N., Ramiro A., & V. Márquez, Pamela. (2019). Rentabilidad económica de la producción orgánica en diferentes años de poda y edades de cafetos, en el cantón taipiplaya del municipio de Caranavi, La Paz. *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales*, 6(2), 81-90. Recuperado en 16 de julio de 2022, de http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2409-16182019000200011&lng=es&tlng=es

Peñaloza, Maylin, Alba, Luz Helena, Castillo, Juan Sebastián, Gutiérrez, Vanesa, Ibarra, Adriana, & Badoui, Nora. (2020). Relación entre el consumo habitual de café y la mortalidad general y cardiovascular: revisión de revisiones sistemáticas de la literatura. *Revista chilena de nutrición*, 47(3), 503-511. <https://dx.doi.org/10.4067/S0717-75182020000300503>

Van Horne, J., & Wachowicz Jr., J. (2002). *Fundamentos de administracion financiera*. Mexico: Prentice Hall

Wagner, R. (2001). *Historia del cafe de Guatemala*. Bogota: Villegas edditores. Obtenido de <https://books.google.com.pe/books?id=z8GpZW5AjXsC&printsec=frontcover&dq=cafe+organico,+2020&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwiGtofn2NvyAhXqEbKGFH5zAoAQ6AEwBXoECAkQAg#v=onepage&q&f=false>

Zapata Ruiz, D. (2020). *Análisis y determinación de los costos de producción y la rentabilidad de los cafés especiales con certificación orgánica y sin certificación en la provincia de Jaén*,. Piura: Universidad de Piura, Facultad de Ciencias Economicas y Empresariales. Obtenido de https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/4692/CyA_2002.pdf?sequence=1&isAllowed=y



Monitoreo de aguas residuales y evaluación del cumplimiento de Valores Máximos Admisibles (VMA) en colectores primarios del área de drenaje de una planta de tratamiento



ARTICULO ORIGINAL

Monitoreo de aguas residuales en colectores primarios del área de drenaje de una planta de tratamiento, Lima (Perú)

Wastewater monitoring and evaluation of compliance with Maximum Allowable Values (MAV) in primary collectors of the drainage area of a wastewater treatment plant

Enzo Martin Casimiro Soriano^{1*} , Betty Chung Tong² , Daniel Gustavo Cárdenas Pinto³ 

RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue evaluar las áreas críticas de drenaje de aguas residuales de una planta de tratamiento (PTAR) de Puente Piedra en Lima. Para ello se consideró la posición geográfica, el número de Usuarios No Domésticos (UND) y la identificación de los mismos en áreas críticas según vertimientos extremos. En las áreas críticas se establecieron 5 puntos de monitoreo de aguas residuales, correspondientes a buzones de desagüe, donde se evaluó el cumplimiento de los Valores Máximos Admisibles (VMA) del D.S. 021-2009- VIVIENDA. La campaña de muestreo abarcó un periodo de control de 8 horas con monitoreos puntuales realizados cada 2 horas. En el punto de monitoreo AD-20C – Punto BZ-70651 y AD-20C – Punto BZ-59124 se encontró exceso en los VMA para pH (>14), DBO5, DQO, SST, aceites y grasas a causa de presencia de industrias textiles y de fabricación de papel, AD-14 – Punto BZ-212339 se encontró exceso DBO5, DQO, SST, aceites y grasas, sólidos sedimentables a causa de material orgánico, a causa de comercios, restaurantes y domésticos, AD-23 – Punto BZ-46847 no hay exceso los VMA, AD-25 – Punto BZ-212344 excede DBO5 a causa de descargas de comercios, usuarios domésticos e industrias. Se recomienda extender la aplicación de la normativa, considerando los parámetros de análisis biológico, mejorar la fiscalización de los UND en el área de drenaje, establecimiento de estaciones de monitoreo continuo y replicar el procedimiento descrito a otras áreas de drenaje de PTAR para la optimización de los procesos de tratamiento de aguas residuales.

Palabras clave: Aguas residuales; Planta de tratamiento; áreas; monitoreo.

ABSTRACT

The aim of this research was to evaluate the critical areas of wastewater drainage of a wastewater treatment plant (WWTP) of Puente Piedra in Lima. For this purpose, the geographical position, the number of non-domestic users (NDUs) and their identification in critical areas according to extreme discharges were considered. In the critical areas, 5 wastewater monitoring points were established, corresponding to sewage inlets, where compliance with the Maximum Allowable Values (MAV) of the D.S. 021-2009- VIVIENDA was evaluated. The sampling campaign covered a control period of 8 hours with spot monitoring carried out every 2 hours. At monitoring points AD-20C - Point BZ-70651 and AD-20C - Point BZ-59124, excess AMVs were found for pH (>14), BOD5, COD, TSS, oils and greases due to the presence of textile and paper manufacturing industries; at AD-14 - Point BZ-212339, excess BOD5, COD, TSS, oils and greases, solids, solids and grease were found for pH (>14), BOD5, COD, TSS, oils and greases, solids and greases, TSS, oils and grease, settleable solids due to organic material, due to commercial, restaurant and domestic, AD-23 - Point BZ-46847 there is no excess of AMVs, AD-25 - Point BZ-212344 exceeds BOD5 due to discharges from commercial, domestic and industrial users. It is recommended to extend the application of the regulations, considering the biological analysis parameters, improve the control of the UND in the drainage area, establish continuous monitoring stations and replicate the described procedure to other PTA drainage areas.

Keywords: Wastewater; Treatment plant; áreas; monitoring

¹ Universidad Nacional Intercultural de la Selva Central Juan Santos Atahualpa, Chanchamayo, Perú.

² Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú.

³ Municipalidad Distrital de Miraflores, Lima, Perú.

*Autor de correspondencia.
E-mail:
ecasimiroSORIANO@gmail.com

Recibido: 15 de Jun de 2023
Aprobado: 07 de Jul de 2023
Publicado: 26 de Jul de 2023

Para citar este artículo:

Casimiro Soriano E., Chung Tong B., Cárdenas Pinto D. (2023). Monitoreo de aguas residuales y evaluación del cumplimiento de Valores Máximos Admisibles (VMA) en colectores primarios del área de drenaje de una planta de tratamiento. *Yotantsipanko*, 3(1), 19 – 36. <https://doi.org/10.54288/yotantsipanko.v3i1.27>



Introducción

Las aguas residuales se caracterizan por su composición fisicoquímica y biológica, determinados por los contaminantes presentes en ellas (Mojiri & Bashir, 2022). Entre los contaminantes de origen antropogénico, se encuentran la materia orgánica (Shon et al., 2006), sustancias indeseables, elementos tóxicos (Gardner et al., 2012) y afectación térmica (Vallero, 2019).

Las normas que regulan los tratamientos de aguas residuales en el alcantarillado público están basadas en las tasas de eliminación de materia orgánica, sólidos en suspensión, metales pesados, sólidos inorgánicos disueltos y patógenos presentes (MVS, 2009; OEFA, 2014). Gran parte de la normatividad, incluye el control de la eliminación de nutrientes y contaminantes prioritarios.

La normativa legal relacionada al control de las descargas de aguas residuales al alcantarillado tiene el objetivo de evitar los efectos perjudiciales de los contaminantes en la infraestructura sanitaria, plantas de tratamiento y en la salud de las personas. En el Perú, la normativa relacionada al control de las aguas residuales vincula a los gobiernos locales, las Entidades Prestadoras de Servicios (EPS) e instituciones reguladoras, como el ANA (Autoridad Nacional del Agua), OEFA (Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental) y SUNASS (Superintendencia Nacional de Servicios

de Saneamiento). El ente rector del Estado en materia de saneamiento es el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS).

En el año 2009, el MVCS publicó el Decreto Supremo N°021-2009-VIVIENDA, la cual es una norma de alcance nacional que regula las descargas de aguas residuales no domésticas. Sus modificatorias, normativa complementaria y reglamento (D.S N°003-2011-VIVIENDA), establecen procedimientos de evaluación, control y sanción sobre aspectos relacionados con los valores máximos admisibles (VMA). Los VMA son límites de concentración de elementos, sustancias o parámetros físicos y/o químicos, que caracterizan a un efluente no doméstico que será descargado a la red de alcantarillado sanitario, los cuales al ser excedidos causan daño generan muchos impactos negativos.

A pesar de la normatividad vigente y el fortalecimiento de la gestión del agua en Perú, así como su tratamiento, reúso y disposición, los estándares diseñados no se llegan a cumplir por ausencia de capacidad logística, administrativa o de infraestructura en su aplicación (Paucar & Iturregui, 2020). Esto es notable en las zonas de elevada densidad poblacional en la capital, como los distritos de San Juan de Lurigancho, San Martín de Porres, Ate y Comas y sus respectivas plantas de tratamiento (INEI, 2022). Por lo que se requieren de estrategias de monitoreo eficaces que permitan diseñar medidas realistas y

eficaces para la administración de las aguas residuales.

El área de drenaje de la planta de Tratamiento de aguas residuales de Puente Piedra (PTAR Puente Piedra) comprende las redes de alcantarillado de los distritos de Puente Piedra y Carabaylo en región Lima y Callao en el Perú. En menor grado, recibe de las descargas de las poblaciones de Ventanilla y Mi Perú.

Las aguas residuales del área de drenaje son recibidas por las redes de alcantarillado sanitario a través de los colectores secundarios y primarios. Finalmente, estos descargan en el colector principal Puente Piedra, el cual conduce el agua residual hacia la PTAR Puente Piedra. La PTAR posee un sistema de desbaste y lodos activados para la eliminación de sólidos suspendidos, sólidos sedimentables y materia orgánica antes de liberar el agua tratada al río Chillón.

En relación a ello, el objetivo de la investigación es evaluar las aguas residuales y realizar un análisis fisicoquímico en la zona de influencia de la PTAR Puente Piedra en base a los VMA, mismo que nos permitirá diseñar estrategias para el control de las aguas residuales.

Materiales y métodos

Área de estudio

Este estudio se desarrolló en la zona de drenaje de la PTAR Puente Piedra cuya ubicación en coordenadas UTM es 8677000-8695000 N y 0268400-281500E, correspondiente a los distritos de Ventanilla y Puente Piedra (Figura 1). Ambos distritos se identifican como “cono norte”. La zona está principalmente ocupada por viviendas y en menor proporción por industrias y comercios de alimentos, textiles, productos químicos, entre otros.

La zona posee un clima semi-árido típico de las costas peruanas.



Figura 1. Ubicación de los Distritos Ventanilla y Lima correspondientes al área de drenaje de la PTAR Puente Piedra.

Campaña de monitoreo

El monitoreo de aguas residuales se desarrolló en 5 puntos (buzones de descarga) distribuidos en 4 áreas de drenaje que describen en la Tabla 1. Los puntos fueron seleccionados tomando de base el catastro comercial de Usuarios de SEDAPAL (Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima). Se consideraron los mayores volúmenes de caudal, mayor número de usuarios no domésticos, presencia de

usuarios industriales, fábricas de alto consumo de agua potable y puntos en los cuales se determinó alta carga de contaminantes en monitoreo de control previos.

Las áreas de drenaje general y la ubicación referencial de los puntos de monitoreo se muestran en la Figura 2. El enfoque del estudio fue evaluar el cumplimiento de los VMA en los colectores primarios que llegan a las plantas de tratamiento.

Tabla 1.

Ubicación de puntos de monitoreo en las áreas críticas.

Área de drenaje	Punto de monitoreo	Coordenadas del punto y ubicación referencial
AD-20C	BZ-70651	18L 0274588E / 8687351 N. Calle San Genaro, cruce con la Calle 14 (a 80 m de la Av. Sta. Josefina)
	BZ-59124	18L 0274610E / 8687097 N. Av. Las Vegas cruce con Santa Josefina (frente a empresa textil)
AD-14	BZ-212339	18L 0272003E / 8678427N. Av. San Diego de Alcalá (frente a parque recreativo Prusad)
AD-23	BZ-46847	18L 0274733E / 8684545 N. Calle 2 cruce con la Auxiliar de la carretera Panamericana Norte (en medio de la carretera)
AD-25	BZ-212344	18L 0271968E / 8678219 N. Av. San Diego de Alcalá, cruce con Av. Santa Clara (frente a la bomba de agua municipal)

El monitoreo se realizó entre noviembre y marzo de 2017. En cada punto se tomaron 4 muestras puntuales a intervalos de 2 horas cada uno desde las 10:00 h hasta las 18:00 h, los cuales fueron periodos de mayor liberación de afluentes. Los resultados fueron analizados por triplicado, incluyendo una muestra en custodia.

Procedimientos

El procedimiento de monitoreo se realizó considerando los Métodos Estándar para el Análisis de Aguas y Aguas Residuales (AWWA, 2017). Se muestrearon volúmenes de 1 L de agua residual, luego fueron almacenados en recipientes de polietileno opaco, luego fueron conservados químicamente con soluciones

diluidas de NaOH ($\text{pH} > 12$ para cianuros y $\text{pH} > 9$ para sulfuros), H_2SO_4 ($\text{pH} < 2$ para Aceites y grasas, DQO, nitrógeno amoniacal), HNO_3 ($\text{pH} < 2$ para metales pesados) y refrigerados (DBO, Cr^{6+} ,

sulfatos, sólidos solubles totales y fosfatos) para su análisis en laboratorio. Los parámetros de pH, temperatura y Sólidos Sedimentables fueron determinados durante el monitoreo.

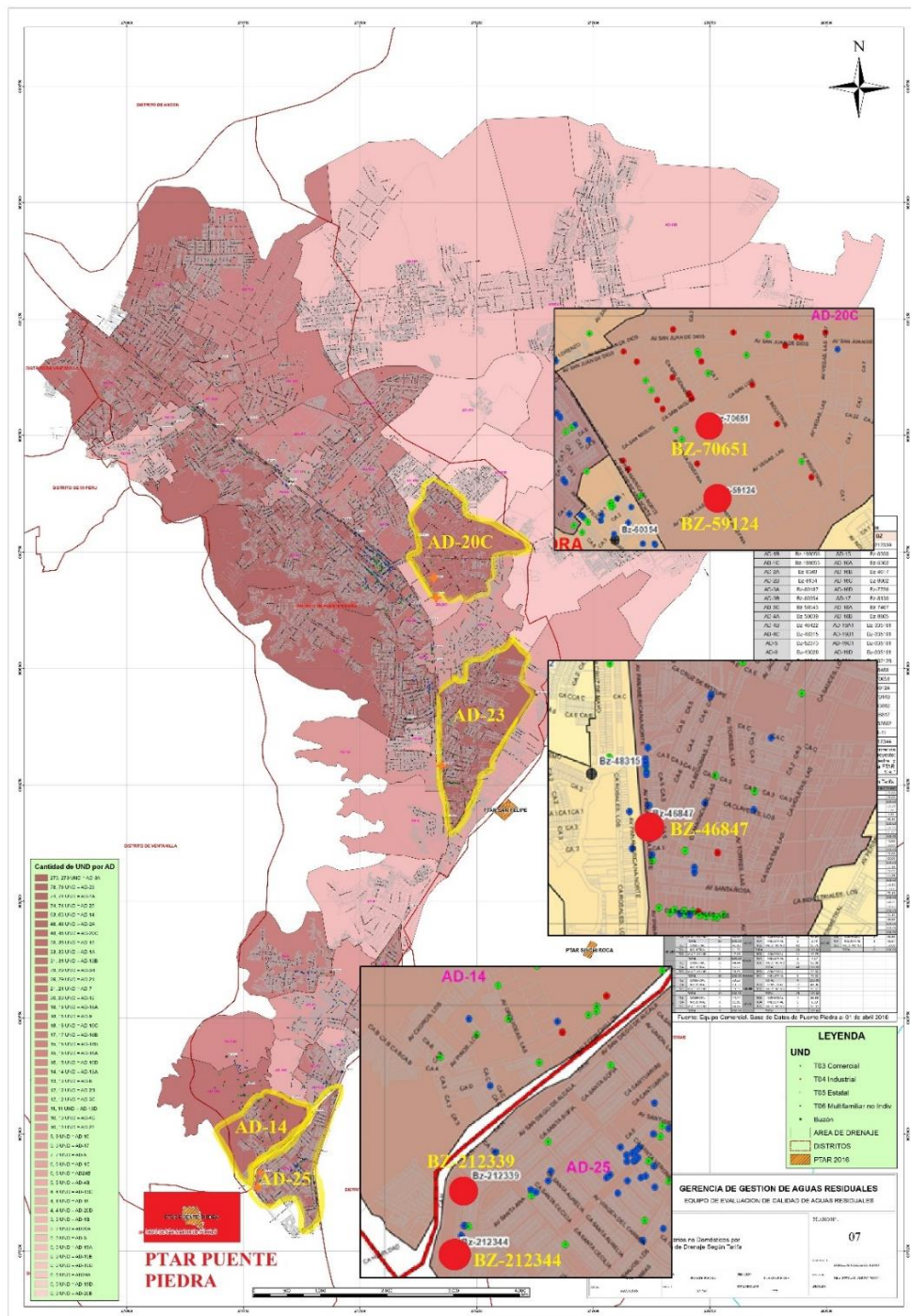


Figura 2. Ubicación de los puntos de monitoreo de la zona de drenaje de la Planta de Tratamiento de aguas residuales de Puente Piedra, Perú

Análisis de muestras

Las muestras fueron analizadas dentro de las próximas 48 horas posteriores a su muestreo, de

acuerdo a los protocolos descritos por la AWWA (2017) u otros correspondientes, que aseguraron la calidad de las medidas. Los procedimientos específicos de análisis se describen en la Tabla 2.

Tabla 2.

Parámetros analizados y referencias de análisis fisicoquímico con base en el método estándar.

Parámetro	Unidad	Expresión	Referencia de análisis fisicoquímico
Demanda biológica de oxígeno	mg/L	DBO	Método estándar 5210, por titulación de oxígeno disuelto en un periodo de 5 días posterior a incubación a 20°C.
Demanda bioquímica de oxígeno	mg/L	DQO	Método estándar 5220, por titulación espectrofotométrica de dicromato.
Sólidos suspendidos totales	mg/L	SST	Método estándar 2540D, por filtración de líquido y medición de diferencia de peso de filtro
Aceites y Grasas	mg/L	A y G	Método estándar 5520, gravimétrico, por extracción de lípidos con hexano y posterior evaporación de solvente.
Cianuro	mg/L	CN	Método estándar 4500, espectrofotométrico por formación de complejos metálicos.
Cromo hexavalente	mg/L	Cr ⁺⁶	Método estándar 3500, por colorimetría
Aluminio	mg/L	Al	
Arsénico	mg/L	As	
Boro	mg/L	B	
Cadmio	mg/L	Cd	
Cobre	mg/L	Cu	
Cromo total	mg/L	Cr	Método estándar 3125 para análisis de metales por espectrometría de masas con plasma acoplado inductivamente.
Manganeso	mg/L	Mn	
Mercurio	mg/L	Hg	
Níquel	mg/L	Ni	
Plomo	mg/L	Pb	
Zinc	mg/L	Zn	
Sulfatos	mg/L	SO ₄ ²⁻	Método ASTM: D516, por precipitación como sulfato de bario y análisis turbidimétrico.
Sulfuros	mg/L	S ²⁻	Método estándar 4500-S, que analiza la concentración por colorimetría de azul de metileno.
Nitrógeno amoniacal	mg/L	NH ⁺⁴	Método estándar 4500-N, por titulación con ácido sulfúrico empleando un indicador de azul de metileno.
pH (α)	unidad	pH	Método estándar 4500-H, método potenciométrico.
Sólidos sedimentables	mL/L/h	S.S.	Método estándar 2540, por gravimetría con papel de filtro en periodo de tiempo.
Temperatura (α)	°C	T	Método 2550, por medición directa.

Análisis de datos

Los resultados de los análisis fisicoquímicos fueron registrados en bases de datos de MS Excel, luego promediados y comparados con los VMA del D.S. 021-2009-VIVIENDA empleando gráficos de frecuencias.

Resultados

En el caso de los parámetros DQO, DBO, SST y A&G, la evaluación del cumplimiento de los VMA en función de la hora de monitoreo se muestra en la Figura 3. En ninguno de los casos se ha sobrepasado los VMA.

La carga de materia orgánica biodegradable y no biodegradable en BZ-70651 es mayor a las 10:00 h, llegando a un mínimo a las 14:00 h, luego se incrementa a las 16:00 h. Ello concuerda con el ciclo productivo de las empresas en el área de drenaje. Para el área AD-20C – Punto BZ-59124, ninguna de las muestras sobrepasó los VMA; sin embargo, en la última hora, se observó un incremento resultado de la descarga repentina de las industrias en el área.

En AD-14 – Punto BZ-212339, el efluente no cumplió con los VMA para los parámetros DBO,

DQO y SST entre las 10:00 y 12:00 h con una reducción de contaminantes en este intervalo. A las 16:00 h solo el DQO excede los VMA.

La concentración de A&G se mantuvo debajo de los VMA durante todo el periodo de monitoreo. Por otra parte, en el AD-23 – Punto BZ-46847, ninguno de los parámetros analizados del Anexo 1 sobrepasó los VMA respectivo en las horas de monitoreo.

La concentración y presencia de materia orgánica se incrementó progresivamente desde las 12:00 h - 16:00 h, evidenciando que la mayor parte de las descargas se realizan en horas de la tarde.

En el AD-25 – Punto BZ-212344 se observó que los parámetros DQO, SST y A&G no sobrepasaron los VMA respectivos durante todo el monitoreo. Sin embargo, la DBO5 sobrepasó los VMA entre las 10:00-12:00 h. Adicionalmente se observó que la concentración de los parámetros DBO, DQO y SST disminuye con el tiempo, con periodos de fluctuación leves, entre las 12:00 h y 14:00 h. Por otra parte, la concentración de A&G no posee una variación significativa, aunque tiende a incrementarse a las 16:00 h.

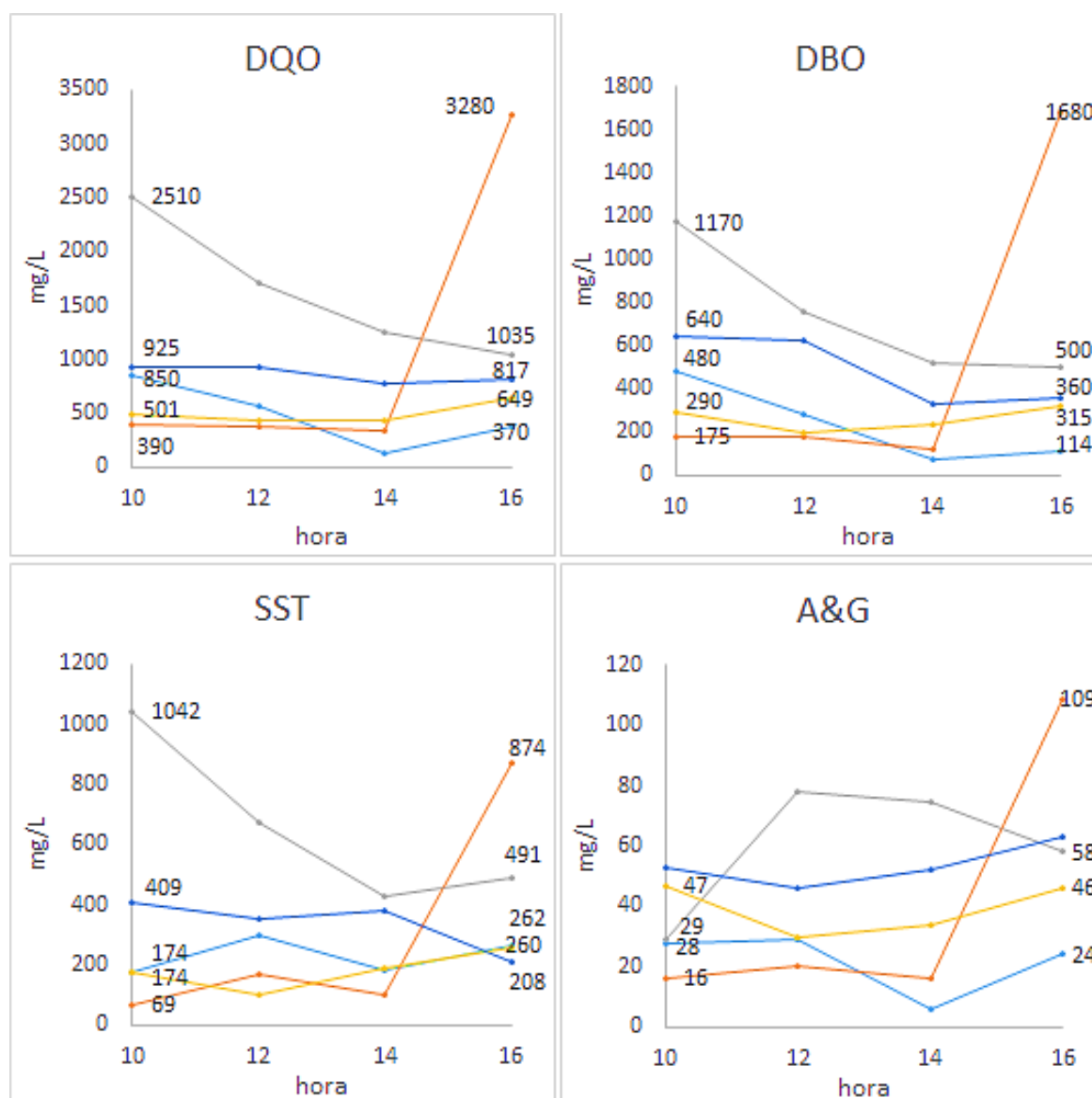


Figura 3. Variación de la concentración de parámetros de DQO, DBO, SST y A&G en los 5 puntos evaluados de la zona de drenaje del PTAR Puente Piedra, Perú. Código de colores: (---) BZ-212339, (---) BZ-212344, (---) BZ-46847, (---) BZ-59124; (---) BZ-70651.

Respecto a los demás parámetros, en el Punto BZ-70651 se ha determinado que la concentración de los metales As, Cd, Cr⁶⁺ y Hg fueron menores al límite de detección respectivo y no sobrepasaron los VMA correspondientes. La concentración de los metales Al, B, Cr, Mn, Ni, Pb y Zn no sobrepasaron los VMA, sin embargo, sus

concentraciones se incrementaron cerca de las 10:00 h por liberación de descargas de la actividad industrial. Las concentraciones de los parámetros no metálicos CN⁻, S²⁻, SO₄²⁻, NH₄⁺ y SS no sobrepasaron los VMA y también fueron mayores entre las 10:00 h y 12:00 h. La temperatura del agua residual se mantuvo sin

una variación notable y cumplió los VMA. Los parámetros que muestran incumplimiento fueron el Cobre total (VMA 3 mg/L) y pH (VMA 6-9).

En el punto BZ-59124 se observó que la concentración de los metales As, Cd, Cr⁶⁺, Hg y S²⁻ fueron menores al límite de detección respectivo. La concentración de los metales Al, B, Cr, Mn, Ni, Pb y Zn no sobrepasaron los VMA, luego sus concentraciones se incrementaron a las 16:20 h, por liberación de descargas industriales.

Las concentraciones de CN⁻, SO₄²⁻ y NH₄⁺ no pasaron los VMA correspondientes, fluctuando durante todo el periodo de muestreo. La T del agua residual no sufrió variación notable y cumple el VMA. Por otra parte, la variación de los parámetros que muestran incumplimiento de los VMA se muestran en la **Figura 4**. La muestra de las 12:20 h, sobrepasó los VMA del Cu y pH, debido a la descarga de las empresas de origen textil y de fabricación de papel. Al igual que para los parámetros del Anexo 1, el volumen de SS mostró crecimiento a las 16:20 h, proveniente de las descargas conjuntas de las industrias presentes en el área.

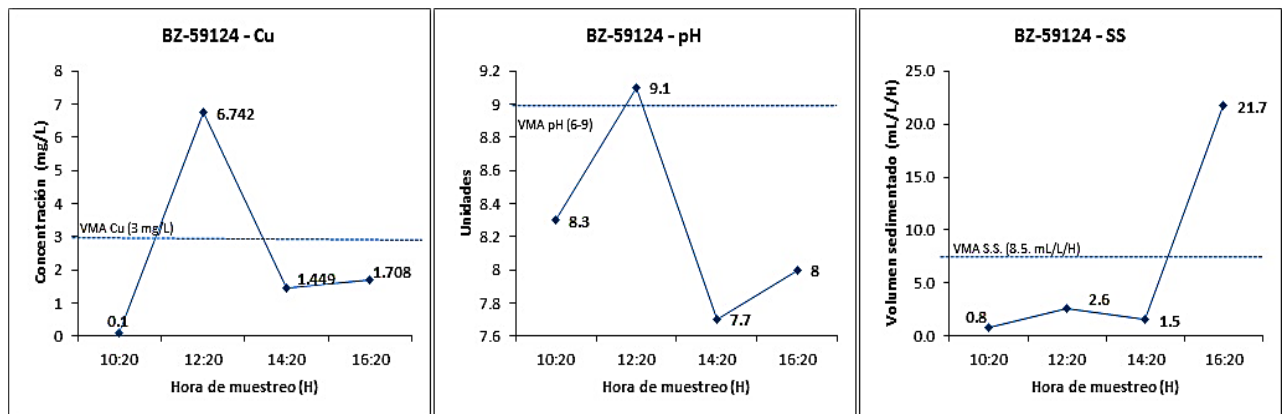


Figura 4. Variación de la concentración de parámetros de Cu, pH y SS para el punto BZ-59124 de la zona de drenaje del PTAR Puente Piedra, Perú

En el punto BZ-212339 se determinó que la concentración de los metales As, Cr y Hg fueron menores al límite de detección respectivo. La concentración de Al, B, Cu y Ni tuvieron sus concentraciones más elevadas entre las 10:20 - 12:20 h, relacionados a las descargas de origen

comercial. Por otra parte, los metales Cd, Cr, Mn, Pb y Zn tuvieron su concentración más elevada a las 16:20 h, cuando se descargaron efluentes industriales. La concentración de CN⁻ alcanzó su valor máximo a las 16:20 h, SO₄²⁻ a las 12:20 h, mientras que los parámetros S²⁻ y NH₄⁺

alcanzaron su máximo valor de concentración a las 14:20 h. Los valores de pH y T no presentaron variación en relación al tiempo de monitoreo. En ningún caso se excedieron los VMA correspondientes. Sin embargo, se observó que existió exceso de los VMA para el parámetro de SS siendo mayor desde las 10:20 y 12:20 h.

En el punto BZ-46847 la concentración de los metales As, Cd, Cr⁶⁺, Hg y Ni; así como la concentración de los parámetros CN⁻ y S²⁻, fueron menores al límite de detección respectivo. Las concentraciones de los metales Al, B, Cu, Cr, Mn, Pb y Zn alcanzaron su concentración más elevada entre las 14:00 y 16:00 h. Los parámetros SO₄²⁻, NH₄⁺ y SS alcanzaron su máximo valor de concentración a las 16:00 h, aunque el incremento fue ligeramente significativo. Los valores de pH y T cumplieron con los VMA y no presentaron variación significativa en relación a la hora de monitoreo. En ningún caso se excedieron los VMA correspondientes.

En el punto BZ-212344 la concentración de los metales As y Cr⁶⁺ fueron menores al límite de detección respectivo. La concentración de Al, Cd y Pb tuvieron su concentración más elevada en las muestras tomadas a las 10:00 h. Los metales Cu, Cr, Mn, Hg, Ni y Zn alcanzaron su máximo valor de concentración entre las 12:00 y 14:00 h y B tuvo su mayor concentración a las 16:00 h. Los parámetros S²⁻, NH₄⁺ y SS presentaron sus valores más altos a las 10:00 h, mientras que CN⁻

y SO₄²⁻ presentaron su valor más elevado entre las 12:00 y 14:00 h. Los valores de pH y T no presentaron una variación significativa en relación a la hora de monitoreo. No se sobrepasaron los VMA correspondientes.

Discusión

La composición física, química y biológica de las aguas residuales son elementos que caracterizan su calidad y probidad para su tratamiento (Petrie et al., 2015; Mojiri & Bashir, 2022).

Los contaminantes antropogénicos pueden incluir a la materia orgánica, sustancias suspendidas indeseables, sólidos y elementos tóxicos (Gardner et al., 2012). Las normas nacionales e internacionales que regulan los tratamientos de aguas residuales en el alcantarillado público están basadas en las tasas de eliminación de materia orgánica, sólidos en suspensión, metales pesados, sólidos inorgánicos disueltos y patógenos presentes (Fu y Wang, 2011; Pignatello et al., 2006). Gran parte de la normatividad, incluye el control de la eliminación de nutrientes y de los contaminantes prioritarios para su tratamiento.

En relación a los contaminantes de interés en el tratamiento del agua residual, se tienen a: (i) los sólidos en suspensión que contribuyen al desarrollo de depósitos de fangos y condiciones anaerobias; (ii) materia orgánica biodegradable compuesta por proteínas, carbohidratos y grasas

de origen animal y vegetal, que empobrecen de oxígeno el agua y desarrollan condiciones sépticas; (iii) patógenos que transmiten enfermedades infecto contagiosas; (iv) el nitrógeno, fósforo y carbono que promueven el crecimiento de formas de vida indeseables; (v) materia orgánica refractaria que tiende a revertir los métodos convencionales de tratamiento, como agentes termoactivos, fenoles y pesticidas; (vi) metales pesados, cuya ingesta provoca intoxicación y dañan la infraestructura sanitaria participando en la corrosión y obstrucción de tuberías; y (vii) las sales de calcio, sodio y sulfatos que se añaden las aguas industriales para su uso en determinados procesos. Al descargarse en el alcantarillado, alteran el pH de las aguas residuales, provocando corrosión o formación de carbonatos insolubles en las tuberías (Petrie et al., 2015; Shon et al., 2006).

Para explicar las diferencias de concentración en los puntos de monitoreo, se realizó la caracterización de usuarios en las áreas críticas

de drenaje de la PTAR Puente Piedra, como se muestra en la Tabla 3. Los puntos de monitoreo fueron parte del recorrido de los colectores primarios que reciben las descargas de las áreas de drenaje.

En la tabla se observa que los puntos BZ-70651 y BZ-59124 corresponden a una zona de alta descarga industrial (AD-20C), motivo por el cual existió un mayor exceso de VMA en sus parámetros. La concentración de SST y A&G están relacionados a la descarga constante de los procesos industriales, baños y comedores que representan gran cantidad de material orgánico biodegradable, sustancias oxidantes, sólidos y compuestos grasos diversos (Yu et al., 2017).

A pesar de existir técnicas de tratamiento como trampas de grasa y plantas de tratamiento de aguas en las industrias, mercados y restaurantes (principalmente lagunas de oxidación y sedimentación), se ha evidenciado que el elevado volumen de contaminantes limita su efectividad (Adetunji et al., 2021).

Tabla 3.*Características y presencia de actividades económicas en las áreas de drenaje monitoreadas.*

Área de drenaje	Distribución tarifaria	Características y actividades económicas que se desarrollan en el punto de monitoreo
AD-20C (BZ-70651 y BZ-59124)	Comercial.....31% Industrial.....56% Multifamiliar...13%	Comprende las descargas de la Urbanización Las Vegas. En la zona se identificaron fábricas de: (i) detergentes y jabones, (ii) textiles, (iii) alimentos para animales domésticos, (iv) avícolas, (v) manufactura de papel e (vi) insecticidas. Las mismas poseen comedores con afluencia de 50 a 200 personas durante la tarde. Presentaron alto volumen de descarga.
AD-14 (BZ-212339)	Comercial.....54% Industrial.....30% Multifamiliar...16%	Comprende las descargas de usuarios en dirección sur al río Chillón. Se identificaron: (i) fábricas de alimentos cárnicos enlatados, (ii) restaurantes de comida tradicional y rápida, (iii) mercados de abastos y alimentos y (iv) galerías comerciales sin procesos húmedos significativos. Presentaron alto volumen de descarga.
AD-23 (BZ-46847)	Comercial.....47% Industrial.....9% Multifamiliar....44%	Comprende las descargas que provienen de la Calle Industrial y Av. Las Torres. Se encontró la presencia de (i) mercados, (ii) restaurantes de comida rápida y tradicional, y (iii) comercios sin procesos húmedos. Asimismo, se encontró un elevado número de predios multifamiliares (edificios, hoteles, complejos de habitaciones y otros de más de 2 pisos) con descargas domésticas abundantes. El volumen de descarga fue regular.
AD-25 (BZ-212344)	Comercial.....41% Industrial.....2% Multifamiliar....57%	Descargas de predios alrededor de la Av. Malecón Chillón y San Diego de Alcalá. Se identificaron principalmente: (i) restaurantes de comida tradicional y rápida y (ii) comercios sin procesos húmedos o con uso limitado de agua. En su mayoría comprendió predios multifamiliares con descargas de tipo doméstico abundante. Se encontró regular volumen de descarga.

Los excesos en la concentración de Cobre se deben a su uso como insumo de las industrias textiles, los cuales son descartados como excedentes principalmente (Liu et al., 2023). Por otra parte, el incremento del pH es el resultado del uso de NaClO, NaOH, KOH y otras bases fuertes concentradas en los procesos de blanqueamiento de papel y tratamientos textiles (Kansal et al., 2011).

Es necesario resaltar que en el punto BZ-59124, para la toma de muestra a las 16 h, todos los

parámetros sobrepasaron los VMA con diferencia, respecto del curso regular del día, lo que evidencia la descarga repentina de las industrias presentes en el área en horas determinadas, incluso durante la tarde y noche. En el mismo punto se encontró una concentración elevada de SS proveniente de las descargas conjuntas de las industrias presentes. Siendo uno de los principales contaminantes del agua residual y limitante en el desarrollo de estrategias de tratamiento (Verma et al., 2013), su identificación y control es necesario. Si bien la

estrategia de monitoreo empleada fue efectiva para la zona de estudio, en el periodo de tiempo de análisis, otros estudios recomiendan ampliar el periodo de muestreo considerando un mayor número de días (Liukkonen et al., 2013) para tener una medición representativa.

En el punto BZ-212339 (AD-14) existe una mayor proporción de usuarios comerciales, con bajos volúmenes de descarga individuales. Puesto que los residuos fueron no industriales (restos de comida y desechos humanos, principalmente), no se evidenció la presencia significativa de contaminantes, siendo su mayor actividad en las mañanas y noches.

Es necesario destacar el papel de los restaurantes como generadores de contaminantes. Dependiendo del rubro, regularmente los restaurantes que producen mayor volumen de contaminantes en aceites, grasas y residuos sólidos son aquellos de comida china y comida rápida (Yau et al., 2021). En el caso peruano, la abundancia de pollerías y chifas en la zona pudo ser causante de los contaminantes encontrados.

Se encontró una baja proporción de materia orgánica y SS en todo el periodo de monitoreo, con un pico entre las 10-12 h por presencia de partículas sedimentables abundantes producto de alimentos y desechos domésticos. A las 16:00 h solo el DQO excedió los VMA por incremento de las actividades comerciales.

En el punto BZ-46847 (AD-23) ninguno de los parámetros analizados sobrepasó los VMA respectivo debido a la composición de los predios (91% eran comerciales, restaurantes y multifamiliares) y ausencia significativa de industrias con descargas contaminantes. Las mayores concentraciones de materia orgánica (medidos como DBO5 y A&G) se observaron entre las 12:00 - 16:00 h, nuevamente como resultado de restos de comida y desechos fisiológicos.

En el punto BZ-212344 (AD-25) se observó que la DBO5 sobrepasó los VMA entre las 10:00-12:00 h; mientras que la concentración de los parámetros DBO, DQO y SST disminuyó con el tiempo y la concentración de A&G se incrementó a las 16:00 h. Lo indicado evidencia la disminución del contenido de materia orgánica en el agua residual con el paso del tiempo. La baja presencia de contaminantes responde a la alta proporción de comercios y usuarios no industriales, incluso superiores a las del AD-23.

En el caso de los metales pesados, las aguas residuales municipales regularmente se caracterizan por la presencia común de metales Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb y Zn (Al Enezi et al., 2004), lo cual concuerda con lo hallado en el monitoreo, resaltando el Cu en las zonas industriales. Si bien estos metales no dañan significativamente la infraestructura de drenaje, limitan el tratamiento y perjudican los afluentes donde se depositan, puesto que parte de las aguas

tratadas posteriormente se derivan al Río Chillón para su uso en irrigación y ganadería, reduciendo la seguridad alimentaria (Galagarza et al., 2021).

Las bajas proporciones de contaminantes y cumplimiento de los VMA en los puntos BZ-46847 y BZ-212344 indicaron que la composición y tipos de descarga provienen de predios multifamiliares que descargan aguas residuales domésticas, con probabilidad de tratamiento eficiente (Paucar & Iturregui, 2020).

Conclusión

Se evaluaron los parámetros fisicoquímicos del D.S. 021-2009-VIVIENDA en las áreas críticas de drenaje de la PTAR Puente Piedra. Como resultado del monitoreo se encontró exceso de los Valores Máximos Admisibles en los parámetros DBO5, DQO, SST, A&G, Cobre total, pH y SS.

Se evidenció la presencia de abundante material orgánico, sustancias químicas no degradables y sólidos sedimentables por presencia de fábricas (de alimentos, textiles, alimentos, insecticida, productos de limpieza y tratamiento de papel), restaurantes y predios multifamiliares con alto volumen de efluentes.

Contribución de los autores

EMCS, redacción de manuscrito, análisis estadístico, recolección y organización de información.

BCT, diseño metodológico, diseño conceptual, organización de información.

DGCP, diseño de estrategia de monitoreo, zonificación y análisis geográfico.

Conflictos de interés

No presenta conflicto de intereses.

Referencias

- Al Enezi, G., Hamoda, M. F., & Fawzi, N. (2004). Heavy metals content of municipal wastewater and sludges in Kuwait. *Journal of Environmental Science and Health, Part A*, 39(2), 397-407.
- Adetunji, A. I., & Olaniran, A. O. (2021). Treatment of industrial oily wastewater by advanced technologies: a review. *Applied Water Science*, 11(6), 98.
- American Water Works Association [AWWA] (Eds.). (2017). *Standard methods for the examination of water and wastewater* (Vol. 10). Washington, DC: American public health association.

- Fu, F., & Wang, Q. (2011). Removal of heavy metal ions from wastewaters: a review. *Journal of environmental management*, 92(3), 407-418.
- Galagarza, O. A., Ramirez-Hernandez, A., Oliver, H. F., Álvarez Rodríguez, M. V., Valdez Ortiz, M. D. C., Pachari Vera, E., et al & Deering, A. J. (2021). Occurrence of chemical contaminants in Peruvian produce: A food-safety perspective. *Foods*, 10(7), 1461.
- Gardner, M., Comber, S., Scrimshaw, M., Cartmell, E., Lester, J., & Ellor, B. (2012). The significance of hazardous chemicals in wastewater treatment works effluents. *Science of the Total Environment*, 437, 363-372.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática [INEI] (2022). Lima supera los 10 millones de habitantes al año 2022.
- Kansal, A., Siddiqui, N., & Gautam, A. (2011). Wastewater treatment of pulp and paper industry: a review. *Journal of environmental science & engineering*, 53(2), 203-218.
- Liu, Y., Wang, H., Cui, Y., & Chen, N. (2023). Removal of Copper Ions from Wastewater: A Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 20(5), 3885.
- Liukkonen, M., Laakso, I., & Hiltunen, Y. (2013). Advanced monitoring platform for industrial wastewater treatment: Multivariable approach using the self-organizing map. *Environmental modelling & software*, 48, 193-201.
- Ministerio de Vivienda y Saneamiento [MVS]. Decreto Supremo N°021-2009: Se aprueban los VMA. Perú, 2009.
- Mojiri, A., & Bashir, M. J. (2022). Wastewater treatment: current and future techniques. *Water*, 14(3), 448.
- Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental [OEFA]. Fiscalización Ambiental en Aguas Residuales. Ministerio del Ambiente, Perú. Primera edición. 2014.
- Paucar, F., & Iturregui, P. (2020). Los desafíos de la reutilización de las aguas residuales en el Perú. *South Sustainability*, 1(1), e004-e004.
- Petrie, B., Barden, R., & Kasprzyk-Hordern, B. (2015). A review on emerging contaminants in wastewaters and the environment: current knowledge, understudied areas and recommendations for future monitoring. *Water research*, 72, 3-27.
- Pignatello, J., Oliveros, E., & MacKay, A. (2006). Advanced oxidation processes for organic contaminant destruction based on the Fenton reaction and related chemistry. *Critical reviews in environmental science and technology*, 36(1), 1-84.

- Shon, H., Vigneswaran, S., & Snyder, S. (2006). Effluent organic matter (EfOM) in wastewater: constituents, effects, and treatment. *Critical reviews in environmental science and technology*, 36(4), 327-374.
- Vallero, D. (2019). Thermal pollution. In *Waste* (pp. 381-404). Academic Press.
- Verma, A., Wei, X., & Kusiak, A. (2013). Predicting the total suspended solids in wastewater: a data-mining approach. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 26(4), 1366-1372.
- Yau, Y., Rudolph, V., Lo, C., & Wu, K. (2021). Restaurant oil and grease management in Hong Kong. *Environmental Science and Pollution Research*, 28, 40735-40745.
- Yu, L., Han, M., & He, F. (2017). A review of treating oily wastewater. *Arabian journal of chemistry*, 10, S1913-S1922.



Evaluación de macrofitas *Pistia stratiotes* y *Eichhornia crassipes* en la neutralización de pH y reducción de sólidos en suspensión de aguas residuales Pichanaqui, Junín (Perú)

ARTICULO ORIGINAL

Evaluación de macrofitas *Pistia stratiotes* y *Eichhornia crassipes* en la neutralización de pH y reducción de sólidos en suspensión de aguas residuales Pichanaqui, Junín (Perú)

Evaluation of *Pistia stratiotes* sp. and *Eichhornia crassipes* sp. macrophytes in the neutralization and reduction of solids in suspension at the Pichanaqui treatment plant- Junín (Perú)

Benjamín Emerson Borda Luna ¹ , Jessica Zaida Muñoz Hermitaño ¹ , Laos Wenseslao Vasquez Limaylla ² , Lucero de Jesús Chulluncuy Julcarima ² , Mariori Angie Inga Caja ² , Morelia Nayeli Veliz Meza ² , Nayeli Jhael Montes Granados ² , Renzo Antony Barbaran Abregu ² .

RESUMEN

El objetivo de la investigación fue evaluar la eficiencia de Jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*) y lechuga de agua (*Pistia stratiotes*), en la neutralización del pH y remoción de Sólidos Totales en Suspensión (SST) en las aguas residuales domésticas de la planta de tratamiento del distrito de Pichanaqui, Chanchamayo, Junín. La investigación fue de tipo experimental, para el cual se diseñó un reactor de biofiltro que emula el funcionamiento de la planta de tratamiento de agua residual compuesto por 3 subreactores en los cuales se realizó la fase experimental del tratamiento primario de las aguas en condiciones similares para ambas especies entre el 18 de octubre y 18 de diciembre del 2022. Se logró la remoción de los SST hasta un 75% utilizando la macrófitas *P. stratiotes*, y 72.5% mediante la aplicación de la especie *E. crassipes*. También, se analizó la eficiencia de neutralización del pH lográndose neutralizar hasta en 11.2% con la aplicación de la *P. stratiotes*, y 10.8% mediante la aplicación de la *E. crassipes* sp., cumpliendo con los límites máximos permisibles (LMP) establecidos por el DS-003-2010-MINAM, para ambos parámetros. Finalmente, la macrófita *P. stratiotes*, logró mayor eficiencia de remoción de SST y neutralización de pH en comparación con la especie *E. crassipes*.

Palabras clave: Eficiencia; Fitorremediación; Jacinto de agua; Lechuga de agua.

ABSTRACT

The objective of the research was to evaluate the efficiency of water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) and water lettuce (*Pistia stratiotes*), in the neutralization of the pH and removal of Total Suspended Solids (TSS) in the domestic wastewater of the production plant. treatment of the district of Pichanaqui, Chanchamayo, Junín. The investigation was of an experimental type, for which biofilter reactor was designed that emulates the operation of the wastewater treatment plant, made up of 3 subreactors in which the experimental phase of primary water treatment was carried out under similar conditions for both species between October 18 and December 18, 2022. Up to 75% TSS removal was achieved using the *P. stratiotes* macrophyte, and 72.5% by applying the *E. crassipes* species. Also, the pH neutralization efficiency was analyzed neutralizing up to 11.2% with the application of *P. stratiotes*, and 10.8% through the application of *E. crassipes* sp., complying with the maximum permissible limits (LMP). established by DS-003-2010-MINAM, for both parameters. Finally, the macrophyte *P. stratiotes* achieved higher TSS removal efficiency and pH neutralization compared to the species *E. crassipes*.

Keywords: Efficiency; Phytoremediation; Water hyacinth; Water lettuce.

¹ Universidad Nacional de Ingeniería
Lima, Perú.

² Universidad Nacional Juan Santos Atahualpa
Chanchamayo, Perú.

*Autor de correspondencia.
E-mail:
benjaminborda@gmail.com

Recibido: 14 de abr de 2023
Aprobado: 07 de Jul de 2023
Publicado: 31 de Jul de 2023

Para citar este artículo:

Borda Luna B., Muñoz Hermitaño J., Vasquez Limaylla L., Chulluncuy Julcarima L., Inga Caja M., Veliz Meza M., Montes Granados N., Barbaran Abregu R. (2023). Evaluación de macrofitas *Pistia stratiotes* y *Eichhornia crassipes* en la neutralización de pH y reducción de sólidos en suspensión de aguas residuales Pichanaqui, Junín (Perú). *Yotantsipanko*, 3(1), 37 - 48. <https://doi.org/10.54288/yotantsipanko.v3i1.28>

Introducción

Las macrófitas acuáticas se refieren a una variedad de plantas y algas, incluidas las plantas vasculares, los musgos acuáticos y las algas más grandes (Sooknah y CWilkie, 2004).

El uso de macrófitos para tratar aguas residuales (AR) implica una combinación de procesos físicos y microbianos. Debido a su capacidad para eliminar nutrientes de manera efectiva, se consideran una alternativa prometedora para el tratamiento de aguas residuales (AR) domésticas (Sooknah y CWilkie, 2004).

La planta acuática flotante *Pistia stratiotes* ha sido estudiada durante muchos años y por ende se pudo demostrar que esta planta tiene muchos usos productivos como el de remover o depurar contaminantes presentes en el agua. Asimismo, la *Eichhornia crassipes* es una macrofito acuática flotante no enraizada, herbácea perenne de agua dulce (Camacho y Ordoñez 2008).

UNESCO (2017), menciona que el 80% de las AR retornan al ecosistema sin ser tratadas o reutilizadas, siendo uno de los grandes desafíos del agua; en nuestro país se genera aproximadamente 2 217 946 m³ por día de aguas residuales descargadas a la red de alcantarillado de las entidades prestadoras del servicio de saneamiento (EPS), de las cuales sólo el 32% de éstas recibe tratamiento, mientras que el 68% vierte directamente sus AR sin tratamiento al mar, ríos, lagos y quebradas o las emplean para

el riego de cultivos. Estas deficiencias se deben a la falta de implementación de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) y al déficit de cobertura por EPS a nivel nacional.

Actualmente, en el distrito de Pichanaqui, ubicado en la provincia Chanchamayo, departamento de Junín, no se tiene una PTAR correctamente implementada, debido a que no cuenta con un Informe de Gestión Ambiental (IGA) ni Registro Único para el Proceso de Adecuación Progresiva (RUPAP) (Sunass, 2022). No obstante, la PTAR viene recepcionando las AR de todo el distrito (Jiordye, 2019).

A razón de ello, es necesario que se apliquen alternativas para su debido tratamiento y depuración eficiente. Una opción viable es la llamada fitorremediación. Este procedimiento permite producir efluentes de una buena calidad, además que su funcionalidad presenta bajos costos en términos de inversión, operativos y mantenimiento (Correa *et al.* 2015).

Por ello, la finalidad de la investigación fue determinar la eficiencia del tratamiento de aguas residuales con el proceso de fitorremediación con las macrófitas: *E. crassipes* y *P. stratiotes* utilizando un prototipo que simula el biofiltro de una planta de tratamiento de agua residual.

Materiales y métodos

Área de Estudio

Se tomó en consideración la PTAR del Distrito de Pichanaki, provincia de Chanchamayo, Junín;

que es una planta de tratamiento con tanque himhoff, situada en las coordenadas; Latitud: -10.9264, Longitud: -74.8731 y Altitud: 491 m.s.n.m (figura 1).



Figura 1. ubicación de la planta de tratamiento de aguas residuales.

Fuente: Google Earth

Diseño experimental

La investigación se realizó mediante la aplicación del diseño experimental aleatorio (DCA). En la primera etapa se implementó un prototipo de biofiltro de 60L, que posteriormente fue dividido en 3 biorreactores equivalentes denominados tratamientos (T); 20L para la muestra control y de 20L por cada especie de macrófitas cuya

principal función fue remover, reducir, transformar, degradar, volatilizar y estabilizar los Sólidos Totales en Suspensión (SST) y pH que son indicadores de contaminación de las aguas residuales.

El detalle de los tratamientos se muestra a continuación:

T₀: Tratamiento control.

T₁: Tratamiento con 20 plantas de *P. stratiotes* en etapa fenológica adulta.

T₂: Tratamiento con 20 plantas de *E. crassipes* en etapa fenológica adulta.

Se construyó el reactor biofiltro utilizando envases de plástico de diferentes volúmenes, tuberías de conexión, válvulas y llaves de paso, el cual sirvió para realizar la prueba experimental de la investigación, luego de ello se realizó la implantación de las especies de *P. stratiotes* y *E. crassipes*.

Muestreo

Se realizó el muestreo del agua antes y después del tratamiento, siguiendo estrictamente los procedimientos establecidos en el protocolo de monitoreo de la calidad de los efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales en conformidad con el Artículo 4 del Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM que aprueba los límites máximos permisibles para los efluentes de Plantas de Aguas Residuales Domésticas o Municipales, y siguiendo las normas de bioseguridad y procedimiento de tomas de muestras establecidos por el laboratorio de la Universidad Nacional Intercultural de la Selva Central Juan Santos Atahualpa (UNISCJA).

Las muestras fueron registradas cada 15 días calendarios durante un periodo de 2 meses teniendo en cuenta el tiempo de vida útil de las macrofitas empleadas en la investigación.

Variables de Estudio

Para los SST se utilizó el método gravimétrico de diferencia de pesos de marca digital con precisión con $\pm 0.01g$

Para el pH se utilizó un potenciométrico de uso manual.

Análisis de datos

Se empleó AutoCAD (para el diseño del reactor biofiltro) y la plataforma de Google maps y GPS (para la ubicación del lugar de estudio y desarrollo de la investigación) y el Microsoft Excel 2017 (para el análisis de los resultados).

Resultados

Después de los 15 primeros días, las especies empleadas, comenzaron a reaccionar negativamente debido a la excesiva eutrofización en el agua; las hojas y tallos llegaron a un estado de marchitez del 70% en *E. crassipes* y 50% en *P. stratiotes sp*; no obstante, durante el transcurso de la investigación a partir de la cuarta quincena, las macrofitas se acondicionaron; teniendo como resultado su adaptación a las aguas residuales donde tornaron sus hojas de color verde, mejorando su clorofila y comenzando su expansión mediante su reproducción, dicho proceso redujo la eutrofización registrada en la primera quincena, tal como se muestra en la figura 2.



Figura 2. Resultados de la *P. stratiotes* y *E. crassipes*

En la segunda etapa se evaluaron los parámetros de SST y pH, por lo que esta etapa se realizó en el laboratorio de la UNISCJSA.

Para los sólidos totales en suspensión (SST)

En la tabla 1, se muestran los resultados de la evaluación y control de los SST en muestreos quincenales.

Tabla 1
Resultados de la evaluación del parámetro Sólidos Totales Suspendidos del agua según los tratamientos con reactor biofiltro mediante el método gravimétrico.

Parámetro	Unidad de medida	Fecha	T ₀	T ₁	T ₂
SST	mg/L	18/10/2022	400 mg/L	400 mg/L	400 mg/L
		02/11/2022	400 mg/L	300 mg /L	350 mg/L
		17/11/2022	300 mg/L	230 mg/L	250 mg/L
		02/12/2022	200 mg/L	190 mg/L	180 mg/L
		17/12/2022	200 mg/L	100 mg/L	110 mg/L

Fuente: Elaboración propia.

En los 15 primeros días, la muestra evaluada en T₀ presentó 400 mg/L de SST, en T₁ el valor disminuyó a 300 mg/L y el resultado obtenido mediante T₂ se logró disminuir la concentración a 350 mg/L. Para la segunda muestra realizada a

los 30 días, en T₀ se obtuvo un valor de 300 mg/L de SST, en el caso de los tratamientos con T₁ y T₂, se determinó una cantidad de 230 mg/L y 250 mg/L respectivamente. Asimismo, en el día 45, en T₀ se obtuvo un valor de 200 mg/L, mientras

que en el tratamiento con T1 se evidenció una concentración de 190 mg/L y en T2. una concentración de 180 mg/L. Finalmente, en el día 60 en T0 resultó con 200 mg/L, por consiguiente, en los valores de SST en T1 y T2 se evidenció una reducción a 100 mg/L y 110 mg/L respectivamente tal como se muestra en la figura 3.

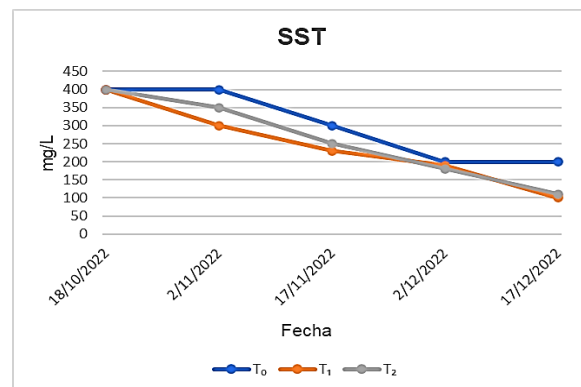


Figura 3. Variación de los Sólidos Totales Suspensos (SST) del agua en tres tratamientos (T₀: control, T₁: 20 plantas de *P. stratiotes*, T₂: 20 plantas de *E. crassipes*).

Potencial de Hidrógeno (pH)

En la tabla 2, se muestran los resultados de la evaluación de los tres puntos de muestreo en cada quincena.

Tabla 2

Resultados de la evaluación del parámetro de Potencial de Hidrógeno del agua según los tratamientos con reactor biofiltro.

Parámetro	Unidad de medida	Fechas	T ₀	T ₁	T ₂
pH	pH	18/10/2022	8.82	8.82	8.82
		02/11/2022	8.0	8.0	8.5
		17/11/2022	8.0	7.84	8.28
		02/12/2022	7.99	7.51	7.75
		17/12/2022	7.99	7.83	7.87

Fuente: Elaboración propia.

En el día 15, en T₀ resultó un pH de 8.0, pero, en T₁ y T₂, se obtuvo un pH de 8.0 y 8.5, respectivamente. Asimismo, en los días 30 y 45 el T₀ obtuvo los resultados de pH en la muestra control de 8.0 y 7.99, seguidamente el T₁

resultados de 8.28 y 7.75 y para el T₁ resultados de 7.84 y 7.51, en el orden dado. Finalmente, para el día 60, el T₀ reflejó un pH de 7.99, de la misma manera hubo una reducción en pH consecuente del T₁ y T₂, en 7.87 y 7.83,

correlativamente, tal como se muestra en la figura 4.

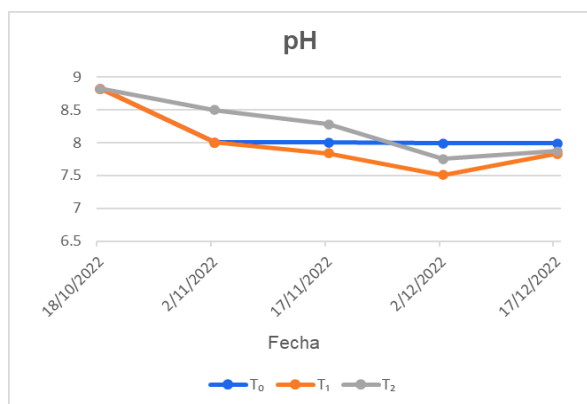


Figura 1. Variación del pH del agua en tres tratamientos (T₀: control, T₁: 20 plantas de *P. stratiotes*, T₂: 20 plantas de *E. crassipes*).

Discusión

En los reactores T₀, T₁, T₂, para los contaminantes físicos y químicos en las aguas servidas, mostró un porcentaje de remoción de acuerdo con la interacción que sostuvo cada macrófita por un periodo de 60 días, con la instalación del biofiltro en un lugar con iluminación favorable para su desarrollo y crecimiento. Según Pérez (2009) las plantas acuáticas cuando mueren liberan grandes cantidades de nutrientes, por lo que es crucial recolectarlas antes de esto para evitar un exceso de nutrientes en el agua y mantener un buen nivel de oxígeno. En el presente estudio se observó que las especies se marchitaban constantemente hasta que los niveles de eutrofización fueron aceptables para las plantas acuáticas. Es decir, la investigación logró adaptar correctamente ambas especies a las aguas

residuales, demostrando su capacidad de tratamiento y adaptación a este tipo de entornos. En la investigación realizada por Fonseca y Coleman (2021) titulada "Evaluación de la eficiencia de las plantas flotantes *E. crassipes* sp. y *P. stratiotes* sp., en el proceso de transferencia de oxígeno para el mejoramiento de la calidad de las aguas residuales provenientes de la granja demostrativa de peces de la UNA", mencionan que el proceso de adaptación de las plantas una vez instalada es regularmente bueno, puesto que los envases que contenían las plantas macrófitas con el residual estaban ubicados en una zona de amplia cobertura lumínica para favorecer a la interacción del sistema radicular con las muestras de aguas residuales. Todo esto favoreció en su adaptación para la neutralización y reducción de los parámetros analizados.

Los resultados obtenidos de las macrófitas en comparación con los Límites Máximos Permisibles establecidos por el Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM, no sobrepasaron los 150 mg/L en Sólidos Totales en Suspensión, ello significa que se encuentran dentro de los parámetros establecidos. En la presente investigación realizada, el reactor T₁ muestra una mayor eficiencia de 300 mg/L en reducción; que equivale al 75%, respecto al reactor T₂ que solo mostró 290 mg/L que es igual a 72.5%. Resultados similares a los obtenidos por Chang y Huamán (2019) en su tesis "Eficiencia en el tratamiento de aguas residuales domésticas

mediante las macrófitas *Eichhornia crassipes* sp y *Pistia stratiotes* sp, plantas típicas de la Selva Peruana”, identificaron que al iniciar el ARD sin tratamiento tenía 20 mg/L de SST, al pasar dos meses de tratamiento con las macrófitas “*E. crassipes* sp. y la *P. stratiotes* sp.”, se redujeron estos valores a 6 mg/L en 70% de remoción de SST y 2 mg/L en un 90% de remoción de SST respectivamente, siendo favorable para ambos casos.

El potencial de hidrógeno se debe al equilibrio carbónico y a la actividad vital de los microorganismos acuáticos (Alvarez et al 2006). De acuerdo a los resultados de la investigación, se muestra que para el reactor T₁ se obtuvo una efectividad de 0.99 que representa al 11.2% de eficacia a comparación con el reactor T₂ con un 0.95 equivalente a 10.8%. Por consiguiente, según los LMP establecidos por el DS-003-2010-MINAM, los valores de pH obtenidos están dentro de los estándares aceptables, el cual considera un pH entre 6.5 - 8.5. Estos resultados guardan relación con lo obtenido por Aranda y Pinche (2020), donde detallan que su muestra control presentó un valor alcalino de 8.19, los

tratamientos con macrófitas mostraron un cambio semejante en cuanto a nivel de pH. Obteniendo en ambos tratamientos un pH de 6 el cual equivale a un 26.8% de eficiencia de remoción, convirtiéndose en un pH ligeramente ácido. No obstante, Limache y Tirado (2022) en su investigación “Acción de dos macrófitas para el tratamiento del agua residual de las lagunas de estabilización de Magollo, Tacna – Perú” obtuvieron valores de pH que fluctuaron entre los 7.22 y 7.46 en un periodo de 60 días.

Conclusión

Mediante la aplicación de las plantas macrófitas *P. stratiotes* sp. y la *E. crassipes* sp en las aguas residuales se logró una eficiencia de remoción de SST entre 70 y 90% de su concentración y la neutralización del pH.

La especie de macrofita *stratiotes* sp logró la remoción de SST en un 75% y el pH hasta en 11.2%; mientras que para la especie de *E. crassipes* sp se obtuvo una reducción de SST equivalente a 72.5% y el pH hasta en 7.87%, ambos en 60 días.

Contribución de los autores

LWVL Elaboración y redacción del artículo

LJCJ Elaboración y redacción del artículo.

MAIG Elaboración y redacción del artículo.

MNVM Elaboración y redacción del artículo.

NJMG Elaboración y redacción del artículo.

RABA Elaboración y redacción del artículo.

BEBL Asesor, redacción, edición y revisión final del artículo.

JZMH Elaboración y redacción del artículo.

Conflictos de interés

No presenta conflicto de intereses.

Referencias

- Alvarez, A., Rubiños, E., Gavi, F., Alarcón, J., Hernández, E., Ramirez, C., . . . Salazar, E. (2006). Índice de calidad del agua en la cuenca del río Amajac, Hidalgo, México: Diagnóstico y Predicción. *Scielo*. Obtenido de <http://www.scielo.org.ar/pdf/phyton/v75/v75a07.pdf>
- Aranda, G., y Pinchi, X. (2020). Eficiencia de las macrófitas Jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*) y repollo de agua (*Pistia stratiotes*) en la remoción de nutrientes en las aguas contaminadas de la laguna Ricuricocha por los efluentes de la ganadería del Águila–Morales-San Martín. repositorio upeu. Obtenido de https://repositorio.upeu.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12840/3120/Gloria_Tesis_Licenciatura_2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Camacho, J. y Ordoñez, L. (2008). Evaluación de la eficiencia de un sistema de recuperación de aguas residuales con *Eichhornia crassipes* para el postratamiento del efluente del reactor anaerobio a flujo pistón de la Universidad Pontificia Bolivariana de Bucaramanga. Bucaramanga, Colombia. Universidad Pontificia Bolivariana, p. 2740. Obtenido de <http://repositorio.unu.edu.pe/bitstream/handle/UNU/4238/000004197T-AMBIENTAL.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Chang G y Huamán, T. (2019). Eficiencia en el tratamiento de aguas residuales domésticas mediante las macrófitas *Eichhornia Crassipes* y *Pistia Stratiotes*, plantas típicas de la Selva Peruana. Alicia. Obtenido de https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UEPU_47401401f977d5584a7bec64b6f83f1e
- Correa, S. (2015). Evaluación del Aporte de las Plantas Acuáticas *Pistia stratiotes* y *Eichhornia crassipes* en el Tratamiento de Aguas Residuales Municipales. Obtenido de http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07642018000200205
- Fonseca, K., y Coleman, E. (2021). Evaluación de la eficiencia de las plantas flotantes *Eichhornia crassipes* y *Pistia stratiotes*, en el proceso de transferencia de oxígeno para el mejoramiento de la calidad

de las aguas residuales provenientes de la granja demostrativa de peces de la UNA. Repositorio UNA. Obtenido de <https://repositorio.una.edu.ni/4600/1/tnp10f676.pdf>

Jiordye, A. A. (2019). Informe de planta de tratamiento de aguas residuales. Obtenido de https://compress-pdf.lesv.info/?fileurl=https://docdownloader.com/get/informe-de-planta-de-tratamiento-de-aguas-residuales-jiordy-acua-anguiz-pdf-free&title=%5BPDF%5D+Informe+de+Planta+de+Tratamiento+de+Aguas+Residuales+%28Jiordy+Acu%C3%B1a+Anguiz%29&utm_source=dlconvert&utm_medium=queue&utm_campaign=64396a43a069880a458b4585

Limache, F., y Tirado, L. (2022). Acción de dos macrófitas para el tratamiento del agua residual de las lagunas de estabilización de Magollo, Tacna – Perú. *UNJBG*. Obtenido de <https://revistas.unjbg.edu.pe/index.php/cyd/article/view/1239/1698>

Perez, E. (2009). “Selección de plantas acuáticas para establecer humedales en el estado de Durango”. *Repositorio institucional*. Obtenido de <https://cimav.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1004/598/1/Tesis%20Ma.%20Elena%20P%C3%A9rez%20L%C3%B3pez.pdf>

Sooknah, R., y CWilkie, A. (2004). Nutrient removal by floating aquatic macrophytes cultured in anaerobically digested flushed dairy manure wastewater. *Ecological Engineering* Vol. 22, 27-42. Obtenido de https://repositorio.upeu.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12840/3230/Karina_Tesis_Licenciatura_2020.pdf?sequence=4&isAllowed=y

Sunass. (2022). Diagnóstico de plantas de tratamiento de las aguas residuales (PTAR) en el ámbito de empresas prestadoras. Lima. Obtenido de <https://www.sunass.gob.pe/doc/Publicaciones/ptar.pdf>

UNESCO, (2017). Informe mundial de las Naciones Unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos, 2017: Aguas residuales: el recurso no explotado. Obtenido de <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000247647>



Importancia de la aplicación del vermicompost en
suelo degradado por sobrecultivo de Jengibre
(*Zingiber officinale*), Chanchamayo (Perú)



ARTICULO ORIGINAL

Importancia de la aplicación del vermicompost en suelo degradado por sobrecultivo de Jengibre (*Zingiber officinale*), Chanchamayo (Perú)

Importance of the application of vermicompost in soil degraded by overcultivation of ginger (*Zingiber officinale*), Chanchamayo (Peru)

Jessica Zaida Muñoz Hermitaño^{1*} , Tania Lizbeth Aranda Rojas² , Evelyn Milagros Espinoza Quichca² , Denzel Jose Martinez Blacido² , Marco Jeampier Mendoza Castillo² , Kenyi Daladier Segura Taipe² 

RESUMEN

El objetivo es determinar la importancia que tiene el humus en la recuperación de un suelo degradado con fertilizantes artificiales por el frecuente cultivo de jengibre. Se desarrolló una investigación mixta cuasiexperimental en tres etapas: 1) preparación del vermicompost, 2) caracterización del suelo degradado con la medición de pH, humedad y prueba de "Determinación de Biomasa" para verificar la presencia de materia orgánica; 3) preparación de cuatro tratamientos (T) en macetas: T1 (100% tierra); T2 (90% de tierra y 10% de humus); T3 (80% de tierra y 20% de humus); T4 (70% de tierra degradada y 30% de humus); teniendo como resultado que la planta de frejol del T4, presenta mejor desarrollo, con tallos gruesos y hojas verdes, a diferencia de los otros tratamientos, las cuales mostraron plantas débiles, tallos delgados, poca población de hojas con manchas amarillentas. Con este estudio coincidimos con otras investigaciones que describen al humus como beneficioso para la recuperación de suelos degradados por sobre cultivos.

Palabras clave Biorremediación; importancia; humus y vermicompost.

ABSTRACT

The objective is to determine the importance of humus in the recovery of degraded soil with artificial fertilizers due to the frequent cultivation of ginger. A mixed quasi-experimental investigation was carried out in three stages: 1) preparation of the vermicompost, 2) characterization of the degraded soil with the measurement of pH, humidity and the "Biomass Determination" test to verify the presence of organic matter; 3) preparation of four treatments (T) in pots: T1 (100% soil); T2 (90% soil and 10% humus); T3 (80% soil and 20% humus); T4 (70% degraded land and 30% humus); The result was that the T4 bean plant presented better development, with thick stems and green leaves, unlike the other treatments, which showed weak plants, thin stems, and a low population of leaves with yellowish spots. With this study we agree with other investigations that describe humus as beneficial for the recovery of soils degraded by overcultivation.

Keywords: Bioremediation; importance, humus and vermicompost.

¹ Universidad Nacional
Mayor de San Marco,
Lima,

² Universidad Nacional
Intercultural Juan Santos
Atahualpa.
Pichanaqui, Perú

*Autor de correspondencia.
E-mail:
jessicazaida1@gmail.com

Recibido: 15 de abr de 2023
Aprobado: 07 de Jul de 2023
Publicado: 26 de Jul de 2023

Para citar este artículo:

Muñoz Hermitaño J., Aranda Rojas T., Espinoza Quichca E., Martinez Blacido D., Mendoza Castillo M., Segura Taipe K. (2023). Importancia de la aplicación del vermicompost en suelo degradado por sobrecultivo de Jengibre (*Zingiber officinale*), Chanchamayo (Perú). *Yotantsipanko*, 3(1), 49 - 60. <https://doi.org/10.54288/yotantsipanko.v3i1.29>



Introducción

En el Perú, la siembra del jengibre (*Zingiber officinale*), se realiza principalmente en la región Junín, específicamente en las provincias de Chanchamayo y Satipo, que representan más del 90% de la producción total (El Peruano, 2021).

La demanda local e internacional del jengibre, se debe a sus múltiples propiedades curativas, para el uso de la medicina y el uso en la gastronomía, cada año las cifras de exportación están en ascenso (El Comercio, 2021). Sin embargo, su cultivo extrae los nutrientes del suelo y tolera 2 campañas (una por año) en un mismo terreno, que hace que el suelo se vuelva infértil (Ancoco Acuña, 2008).

Muchos agricultores ante esta problemática, hacen uso de fertilizantes artificiales, los cuales perjudican considerablemente el suelo y otros componentes naturales como el agua, subsuelo y aire.

Como una alternativa de solución ante esta problemática, se presenta la adición de abonos orgánicos, siendo el uso de humus de lombriz una de las más viables, el cual se obtiene como

producto del vermicompost, que consiste en alimentar de residuos orgánicos a las lombrices rojas californianas (*Eisenia foetida*) y así obtener del excremento de aquellas un producto (humus), con alto valor de contenido bacteriano, las cuales mejoran su uso efectivo ante las propiedades biológicas del suelo (Martínez & Ramírez, 2000).

En esta investigación se desea demostrar la importancia que tiene el humus en un suelo infértil, a través de diferentes proporciones de suelo y humus, para verificar el desarrollo de la planta de Frejol Canario durante un periodo de dos meses, (figura 2).

Materiales y métodos

Área de Estudio

El estudio se llevó a cabo en el Centro Poblado Orito Picaflor en el distrito de Pichanaqui, en la provincia de Chanchamayo, región Junín (Figura 1). En la zona de estudio existe práctica excesiva de monocultivo de jengibre, con efectos directamente en la cobertura vegetal, lo que altera las propiedades del suelo.

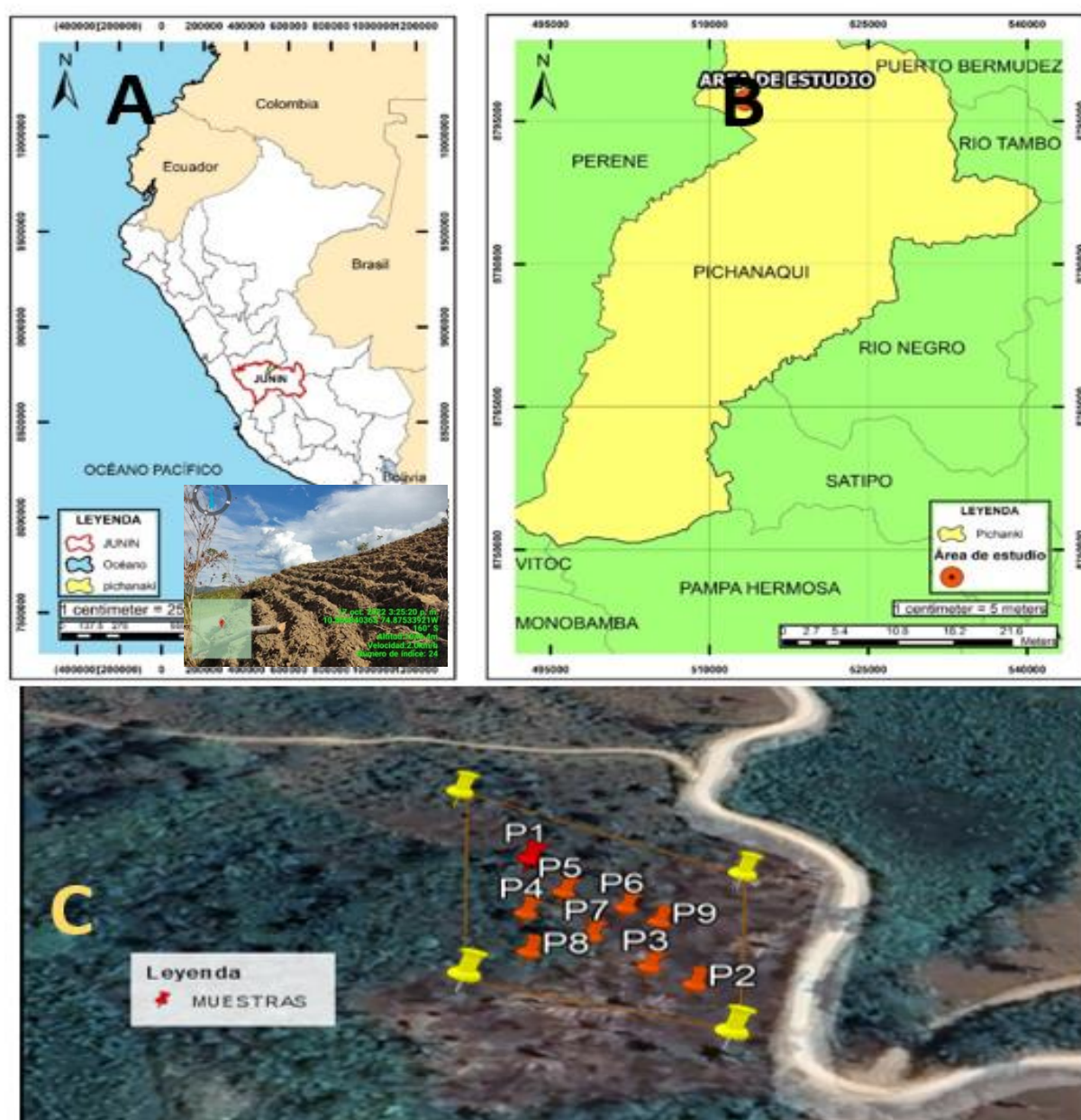


Figura 1. A) Ubicación de la zona de estudio en la región Junín del Perú. B) Ubicación de la zona de estudio en el distrito de Pichanaqui. C) Zona de muestreo de suelo del terreno por sembrío de jengibre.

Selección de zonas de muestreo

Para el desarrollo de esta investigación se consideró como muestra compuesta de suelo de un terreno, donde se había realizado más de 2 cultivos de jengibre, para la cual se realizó la prueba de “determinación de biomasa” (FIQ-

UNIL, 2023) resultando carencia de materia orgánica.

Para la muestra se aplicó la guía de muestreo de suelo para una hectárea con 9 muestras simples (Tabla 1) colectados a 0 a 30 cm (Ministerio del Ambiente, 2014).

Tabla 1

Puntos de monitoreo de cada zona de muestreo en el Centro Poblado Orito Picaflor, Pichanaqui, Chanchamayo, Perú

Puntos de muestreo	Zonas	Este UTM	Norte UTM
<i>P1</i>	“Zona inferior este a la zona degradada”	513298.00	8797343.00
<i>P2</i>	“Zona inferior este a 20 m a la zona degradada”	513343.00	8797291.00
<i>P3</i>	“Zona inferior central a 30 m este a la zona degradada”	513333.00	8797297.00
<i>P4</i>	“Zona inferior central a 50 este a la zona degradada”	513304.00	8797315.00
<i>P5</i>	“Zona inferior central a 50 este a la zona degradada”	513309.00	8797328.00
<i>P6</i>	“Zona superior central a 60 oeste a la zona degradada”	513323.00	8797324.00
<i>P7</i>	“Zona superior central a 70 oeste a la zona degradada”	513319.00	8797308.00
<i>P8</i>	“Zona superior central a 80 este a la zona degradada”	513309.00	8797297.00
<i>P9</i>	“Zona superior central a 100 este a la zona degradada”	513331.00	8797319.00

Fuente: Elaboración propia. (2022)

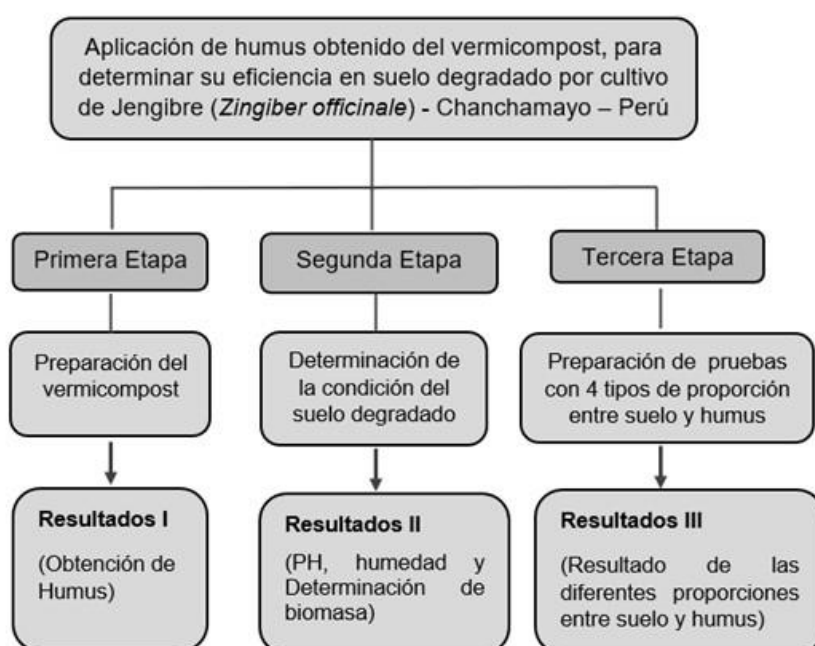


Figura 2. *Flujograma de investigación*

Procedimiento de la investigación

Etapa 1: Obtención del humus mediante el vermicompost

En esta etapa, se realizó la elaboración del vermicompost, teniendo en cuenta la importancia de las principales condiciones ambientales y concentraciones de materia orgánica para su alimentación y desarrollo de la Lombriz Californiana (*Eisenia foetida*), las condiciones ambientales de temperatura que deben encontrarse en un rango de 19-25°C, con humedad del 80%, pH de 6,5- 7,5 y baja

luminosidad. La supervivencia de la lombriz depende de la cantidad de materia orgánica en el medio, disminuyendo la supervivencia según baja el porcentaje de materia orgánica (Román, Martínez, & Pantoja, 2013).

En la preparación del vermicompost, se usaron 2 baldes, uno con un corte circular en la tapa y el otro con orificios en su base con mallas para evitar la salida de las lombrices. Se adicionaron 250 gramos de lombrices californianas sobre la malla, con 500 gramos de compost (Figura 3). Se mantuvo la humedad necesaria recomendada (GRAMA, 2017)



Figura 2: Proceso de elaboración del vermicompost.

Para obtener el humus, se alimentaron a las lombrices cada semana con desechos orgánicos como: restos de vegetales (cáscaras, hojas, tallos), frutas descompuestas y estiércol de conejo. El periodo que se dejó el sistema fue de 45 días. La separación del humus y las lombrices californianas se hizo con mucho cuidado.

Etapa 2: Caracterización del suelo degradado

Para evaluar la caracterización del suelo, se midió el pH con el medidor Manual (Figura 3) y

se realizó la prueba de “Determinación de Biomasa” Según Córdova Cajas (2018), afirma que este método de Determinación de Biomasa, comprueba el contenido de materia orgánica que posee el suelo, puede ser completa o en algunas fracciones.

En la (Figura 4) se observa la reacción que tiene el agua oxigenada en el suelo y el humus, observándose reacción de efervescencia solo en el humus.



Figura 3. Medidor manual de pH

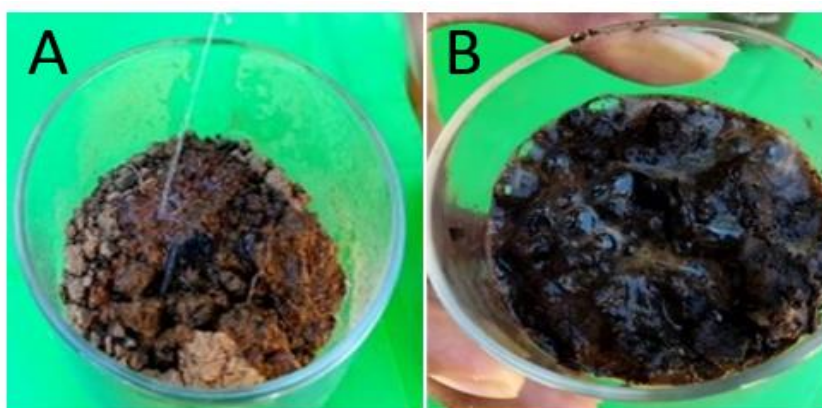


Figura 4. A) No se observa reacción del agua oxigenada en el suelo. B) Se observa reacción del agua oxigenada con el humus.

Etapas 3: Preparación de pruebas con cuatro diferentes proporciones de suelo y humus.

En esta parte se realizó la preparación de cuatro pruebas, mediante el uso de 4 envases de plástico de 1.5 Kg, 2 kilogramos de humus y 5 kilogramos de suelo, realizando la aplicación del

suelo y el humus, en diferentes proporciones, cada envase se rotuló de acuerdo a la proporción y se realizó el sembrío de 3 semillas de Frejol Canario (Tabla 2), para luego observar el desarrollo de la especie de cada muestra, cada 7 días en un periodo de 2 meses.

Tabla 2

Proporción de las Pruebas aplicadas con diferentes proporciones suelo- humus

	T1	T2	T3	T4
<i>Suelo (%)</i>	100	90	80	70
<i>Humus (%)</i>	0	10	20	30
<i>Semillas (unid)</i>	3	3	3	3

T: Tratamientos

Fuente: Elaboración propia

Análisis de Datos

Los resultados obtenidos de cada etapa se describieron cualitativamente, ya que no se puede determinar datos exactos para su análisis.

Resultados

Después de alimentar permanentemente y brindar las condiciones necesarias a las

lombrices californianas, a la cuarta semana se logró obtener la cantidad de 2 Kg de humus.

El suelo muestra tuvo un pH de 5.4 y color rojo con poca presencia de materia orgánica.

En la Tabla 3, se presentan los resultados finales de las pruebas aplicadas con frejol canario sembrado por 2 meses.

Tabla 3

Resultado final de las pruebas, considerados desde el proceso de germinación y desarrollo en la planta de Frejol Canario, sembrado en las cuatro proporciones entre Suelo (S) y Humus (H)

Tratamiento	Germinación	Desarrollo 1 mes	Desarrollo 2 meses	Resultado Final
T1 S=100%				- Germinación normal. - Tallos delgados. - Las hojas presentan manchas amarillas. - Los tallos tiene poca estabilidad (dobladitas).
T2 S=90% H=10%				- Germinación normal - Tallo delgado - Las hojas presentan pocas manchas amarillas.
T3 S=80% H=20%				- Germinación normal - Tallo más grueso - Las hojas no presentan manchas amarillas.
T4 S=70% H=30%				- Germinación normal - Tallo más grueso - Hojas verdes sin manchas. - Planta más robusta, con mucha cantidad de hojas. - Estabilidad de la planta.

Fuente: Elaboración propia

Discusión

De acuerdo a los resultados la aplicación del T4 mostró mejores resultados, donde el frejol canario mostró plantas más fuertes, mejor germinación, ninguna enfermedad y sin cambio de color en las hojas, a diferencia del T1 (Planta sin la aplicación de humus), que resultó plantas más débiles, con tallos delgados y presencia de manchas amarillas en las hojas. Estos resultados nos indican la importancia y beneficio que tiene el humus en la aplicación de suelos degradados, llegando a coincidir con otros autores. Según Dumes el utilizar humus en la fertilización del frejol cuarentón mostró beneficios agronómicos, como es el incremento de la producción por hectáreas con costos muy rentables (Dumes, 2013).

Es importante mencionar que el pH alcalino del humus, se puede utilizar sin contraindicaciones, a diferencia de otros abonos artificiales (Sotelo & Telléz, 2007), aseguran que ni siquiera perjudica a las plantas más delicadas, además el humus genera hormonas, sustancias reguladoras para el crecimiento y promotoras de las funciones vitales de las plantas.

Respecto a la determinación de biomasa, realizado al suelo degradado por cultivo frecuente de jengibre, haciendo uso del agua oxigenada (Peróxido de hidrógeno), permitió la verificación de la falta de fertilidad, considerada por la deficiencia de materia orgánica presente en el suelo, ya que el resultado que se obtuvo al

contacto con el agua oxigenada, no presentó ninguna mínima reacción, a diferencia del humus que presentó efervescencia, el cual indica gran cantidad de presencia de materia orgánica. El uso como indicador de materia orgánica del suelo desarrollado por Córdova en el método de Determinación de Biomasa, comprueba el estado de infertilidad del suelo (Córdova Cajas, 2018).

Respecto al resultado del vermicompost, el logro de la obtención de humus, es determinante en relación las condiciones brindadas, como temperatura, humedad y alimento satisfactorio para las lombrices californianas (Grand, 2020) si no existe condiciones adecuadas para las lombrices estas desaparecen.

Conclusión

Se pudo demostrar que las condiciones brindadas a las Lombrices Californianas (*Eisenia foetida*), fueron las adecuadas, ya que se logró obtener el humus del vermicompost en 45 días.

Se analizó cualitativamente la aplicación de humus en el suelo acidificado en base a 4 tratamientos siendo el mejor el T4 (suelo 70% + humus 30%), observando un mejor desarrollo en sus características morfológicas (color, tamaño, grosor de tallos y número de hojas) de la planta del Frejol Canario, resaltando su importancia y beneficio en suelos agrícolas.

Agradecimiento

Agradecimiento a la Universidad Nacional Intercultural Juan Santos Atahualpa, por brindarnos la obtención de nuevos conocimientos.

Contribución de los autores

JZMH: Redacción del artículo, análisis de resultados y revisión final del artículo.

TLAR: Recolección de datos, descripción de la metodología de investigación.

EMEQ: Recolección de datos, análisis de resultados, discusión.

DJMB: Recolección de datos, análisis de resultados, conclusiones.

MJMC: Recolección de datos, descripción de la metodología y resultados.

KDST: Recolección de datos, análisis de resultados, conclusiones.

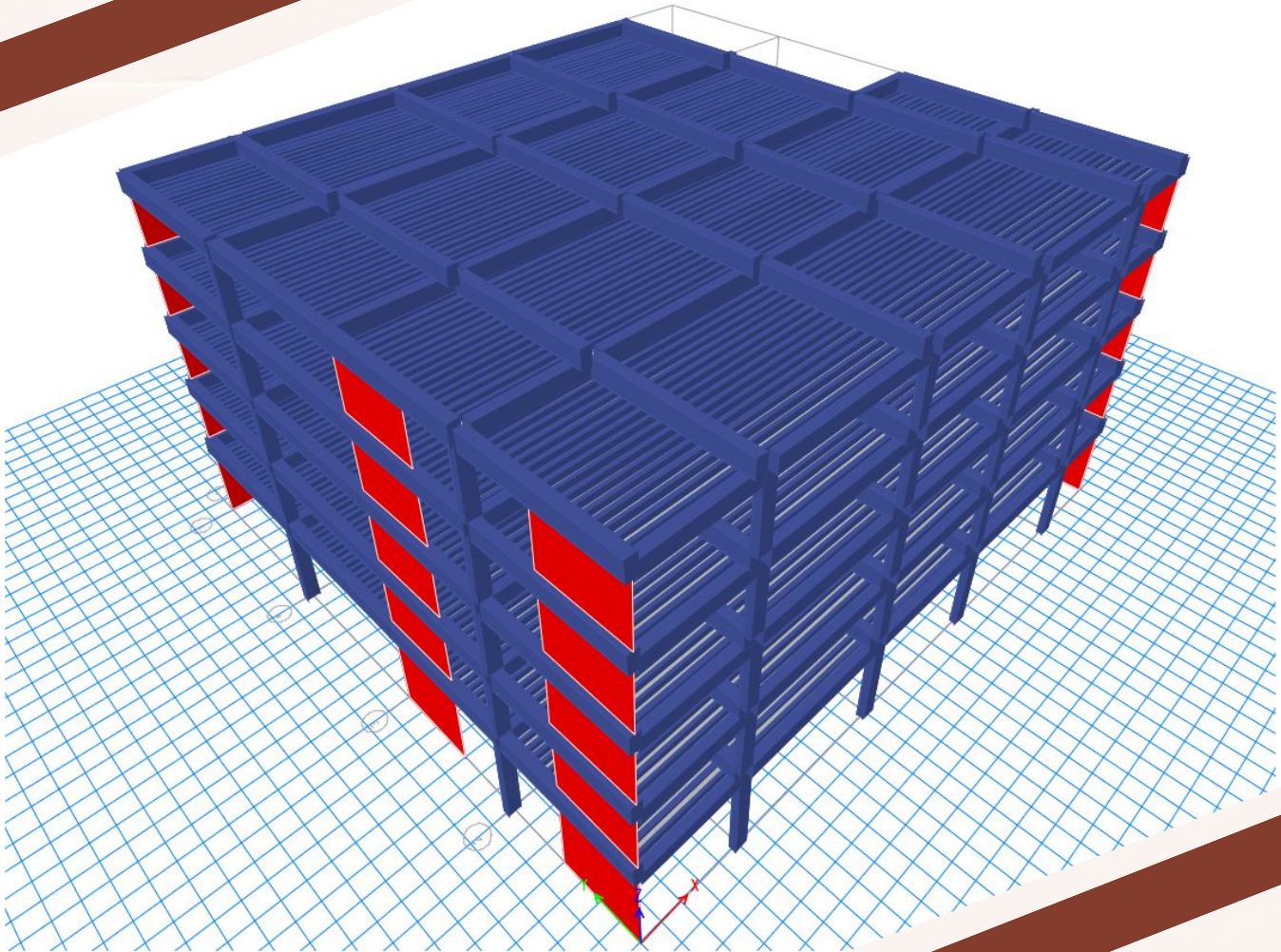
Conflictos de interés

No presenta conflicto de intereses.

Referencias

- Córdova Cajas, E. (2018). *Propiedades Químicas del Suelo*. https://www.academia.edu/36956245/Propiedades_quimicas_de_los_suelos
- Ancco Acuña, A. (2008). *Sub-sistema de jengibre orgánico en la región Junín – Perú [Trabajo de especialización, Universidad de Buenos Aires, Argentina]*. Repositorio Institucional. <http://ri.agro.uba.ar/files/download/tesis/especializacion/2018anccoacunaambarcelia.pdf>
- Dumes, J. (2013). *Evaluar las Características Agronómicas Fitosanitarias de Frejol Cuarentón (Phaseolus vulgaris L, con cuatro dosis de humus de lombriz [Tesis de Licenciatura, Universidad Técnica Estatal de Quevedo]*. Quevedo.
- El Comercio. (2021, 06 de enero). *Perú se convirtió en el cuarto exportador mundial de jengibre en 2020*. <https://elcomercio.pe/economia/peru/kion-peru-se-convirtio-en-el-cuarto-exportador-mundial-de-jengibre-en-2020-nndc-noticia/>
- El Peruano. (20 de enero de 2021). *Potencial comercial del kion orgánico enriquece la canasta exportadora peruana*. Obtenido de Agraria.pe: <https://agraria.pe/noticias/potencial-comercial-del-kion-organico-enriquece-la-canasta-e-23479>
- FIQ-UNIL. (2023). *Facultad de Ingeniería Química - Universidad Nacional del Litoral*. <https://www.fiq.unl.edu.ar/culturacientifica/extension-fiq/donde-estamos-parados/#>
- GRAMA. (Agosto de 2017). *Portalfruticola.com*. <https://www.portalfruticola.com/noticias/2017/08/22/manual-de-vermicompostaje-como-hacer-vermicomposteras-y-humus-de-lombriz-guia-practica/>
- Grand, A. (2020). BETS4 SOIL. *Compost: Vermicompost*. [https://orgprints.org/id/eprint/40037/7/ES-COMPOST_%20VERMICOMPOST%20\(1\).pdf](https://orgprints.org/id/eprint/40037/7/ES-COMPOST_%20VERMICOMPOST%20(1).pdf).

- Martínez, C., & Ramírez, L. (2000). *Lombricultura y Agricultura Sustentable*. México: Edición única Editorial futura.
- Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego. (2020). <https://www.gob.pe/institucion/midagri/noticias/323582-peru-se-consolido-el-2020-como-el-cuarto-exportador-mundial-de-jengibre>.
- Ministerio del Ambiente. (2014). GUÍA PARA MUESTREO DE SUELO. Perú: MAVET IMPRESIONES E.I.R.L.
- Román, P., Martínez, M. M., & Pantoja, A. (2013). *Manual de compostaje del Agricultor* (págs. 68-70). <https://www.fao.org/3/i3388s/i3388s.pdf>
- Sotelo, M., & Telléz, J. (2007). *Efecto de distintos porcentajes de humus de lombriz, compost y suelo, como sustrato en la producción de plántulas de café (Coffea arabica L) variedad caturra*. Obtenido de [Tesis de Diploma, Universidad Nacional Agraria de Nicaragua]. Repositorio Institucional. <https://repositorio.una.edu.ni/2020/1/tnf04s717.pdf>.



Análisis estructural utilizando el software ETABS
para la identificación del sistema estructural



ARTICULO ORIGINAL

Análisis estructural utilizando el software ETABS para la identificación del sistema estructural

Structural analysis using the ETABS software for the identification of the structural system

Marcos Josue Rupay Vargas^{1*} , Marleni Huamani Escalante¹ , Yhadira Anita Santos Quispe¹ ,
Ruby Alejandra Velásquez Pecho¹ , Juan Renildo Huamani Curi¹

RESUMEN

La presente investigación tiene como propósito realizar el análisis estructural de una idea de proyecto "Biblioteca de la Selva Central" en la localidad del distrito de Pichanaqui. La edificación donde se realizó el análisis es de concreto armado con 5 niveles. Se determinó el porcentaje de la cortante basal que actúa en las columnas y muros de corte de la estructura, a partir de ello se identificó el sistema estructural de la estructura. Los parámetros para el desarrollo del ejercicio se basaron en la Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente del RNE. La cortante Basal obtenida en el software ETABS para el eje "Y" 356.613 ton y eje "X" 282.431 ton. En conclusión, para la biblioteca ubicada en la localidad del distrito de Pichanaqui, los muros de corte representan el 84% de la cortante basal en el eje "X", en consecuencia, el sistema estructural es de muros estructurales y en el eje "Y" corresponde un 93% de la cortante basal, siendo el sistema estructural considerado como muros estructurales asimismo sea factible en los diseños de las edificaciones y tengan mejor comportamiento contra los sismos.

Palabras clave: Sistema estructural; cortante Basal.

ABSTRACT

The purpose of this research is to carry out the structural analysis of a project idea "Central Jungle Library" in the town of the Pichanaqui district. The building where the analysis was carried out is made of reinforced concrete with 5 levels. The percentage of the basal shear that acts on the columns and shear walls of the structure was determined, from which the structural system of the structure was identified. The parameters for the development of the exercise were based on the Technical Standard E.030 Seismic Resistant Design of the National Building Regulations (RNE). The Basal shear obtained in the software ETABS for the "Y" axis 356,613 tons and the "X" axis 282,431 tons. In conclusion, for the library located in the town of the Pichanaqui district, the shear walls represent 84% of the basal shear on the "X" axis, consequently, the structural system is of structural walls and on the "Y" axis." corresponds to 93% of the basal shear, and the structural system considered as structural walls is also feasible in the design of buildings and has better behavior against earthquakes.

Keywords: Structural system; Basal shear.

¹ Universidad Nacional
Intercultural de la Selva
Central Juan Santos
Atahualpa,
Chanchamayo, Perú.

*Autor de correspondencia.
E-mail:
mrupay@uniscisa.edu.pe

Recibido: 01 de Ene de 2023
Aprobado: 07 de Jul de 2023
Publicado: 26 de Jul de 2023

Para citar este artículo:

Rupay Vargas M., Huamani Escalante M., Santos Quispe Y., Velásquez Pecho R., Huamani Curi J. (2023). Análisis estructural utilizando el software ETABS para la identificación del sistema estructural. *Yotantsipanko*, 3(1), 61 - 71.
<https://doi.org/10.54288/yotantsipanko.v3i1.30>



Introducción

El Perú es un país sísmico debido a que se encuentra en la franja de alta sismicidad por su ubicación en el cinturón de fuego del pacífico (Carrera, 2018). Como resultado, muchas personas que viven en el país enfrentan las consecuencias que traen consigo los sismos, evidenciándose con el sismo de Pisco en el año 2007 dejando un total de 139 mil 521 viviendas entre destruidas, inhabitables y afectadas (INDECI, 2017).

Otro factor muy importante, que en nuestro país existe mucha informalidad en el sector construcción, haciendo que los edificios o viviendas se encuentren muy vulnerables ante la presencia de un sismo de alta intensidad, (CAPECO, 2021).

Por lo tanto, es de suma importancia la seguridad estructural de las edificaciones la cual debe planearse con un diseño sismorresistente para tener la capacidad de resistir ocasiones sísmicas. De acuerdo con los nuevos estándares de diseño, ahora también es necesario hacer más rígida la estructura, por lo que el sistema Dual (Pórtico – Muros Portantes) es muy común hoy en día en Lima, Trujillo, Arequipa y entre otras regiones del Perú. (Quispe, 2017)

Ante esta problemática, el objetivo del estudio es realizar el análisis estructural de una biblioteca ubicada en la localidad de del distrito de Pichanaqui, para la identificación del sistema

estructural. Esto se efectuará con la determinación de la cortante Basal mediante el análisis sísmico estático según la Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente del RNE (Blanco, 1994; Ottazi, 2014; Ottazi, 2015; Oviedo, 2016; SENSICO, 2020)

Materiales y métodos

En la figura 1 se muestra la edificación correspondiente una biblioteca. Se desea establecer la alternativa más económica para un proyecto localizado en la localidad del distrito de Pichanaqui, cuya caracterización del terreno fue realizada por una compañía especializada, la misma que ha proporcionado como uno de los datos, un número de golpes promedio del ensayo de penetración estándar (SPT) corregido de 25. Se pide determinar el sistema estructural predominante, en cada eje. En donde la altura del primer piso desde las zapatas es de 4.8 m y la altura típica es de 3.50 m, 5 niveles; con columnas rectangulares de 60 x 30cm y circular de $\varnothing=50$ cm; con vigas principales de 40 x 80cm y vigas secundarias de 35 x 70cm; muros de corte de espesor de 15 cm; longitud de la primera placa es 4m; longitud de la segunda placa es 8m y losa aligerada de espesor de 30 cm.

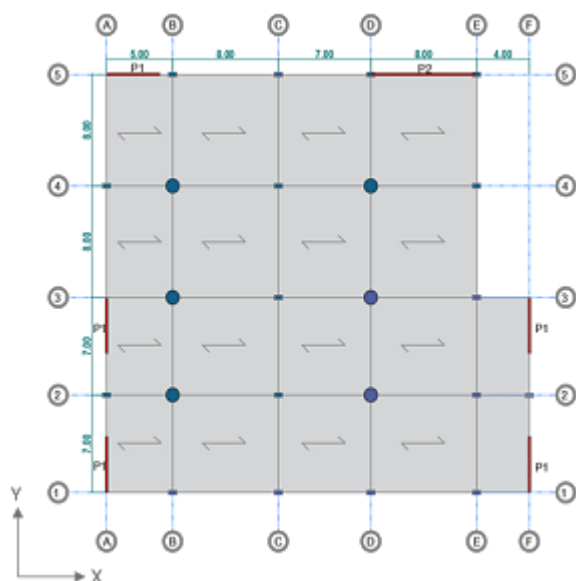


Figura 1. Ejercicio de aplicación

Nota. Extraído de la Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente del RNE

Parámetros indicados en la Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente

Según la idea del proyecto la edificación está situada, en Pichanaqui del departamento de Junín, el mismo que presenta de acuerdo a la Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente del RNE del artículo 10 en donde se expresa como una fracción de la aceleración de la gravedad de 0.25 g.

Se consideró para el proyecto un suelo intermedio (S_2) según el artículo 12 de la Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente del RNE, en donde se resume los valores típicos para el tipo de perfil de suelo, de esta manera según el artículo 13 de la Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente del RNE se obtuvo el factor de amplificación del suelo $S = 1.20$ y según ello de los periodos, esto según el artículo 1 de la Norma

Técnica E.030 Diseño Sismorresistente del RNE en donde el período que define la plataforma del factor C (T_p) en donde $T_p = 0.60$ y el período que define el inicio de la zona del factor C con desplazamiento constante (T_L) en donde $T_L = 2.00$. Cada estructura está clasificada de acuerdo con las categorías indicadas en el artículo 15 de la Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente del RNE en donde el factor de uso (U) o importancia es de la categoría “B” para las bibliotecas, considerándolas para esta categoría el $U = 1.30$.

Finalmente, para la Estimación del Peso (P), la edificación pertenece a la categoría “B”, por lo tanto, toma el 50% de la carga viva.

Análisis para un Sistema Dual

- **Coefficiente de Reducción Sísmica (R)**

Para determinar el Coeficiente básico de reducción de las fuerzas sísmicas (R_0), factor de irregularidad en altura (I_a) y factor de irregularidad en planta (I_p) se observaron en el artículo 18, N° 8 y N° 9 del artículo 19 respectivamente de la Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente del RNE en donde se clasifica según los materiales usados y el sistema de estructuración sismorresistente en cada dirección de análisis, en este caso se asume un **sistema dual** tanto para el eje “X” y eje “Y” $\Rightarrow R_0 = 7$ por lo que se consideró dentro de I_a un valor de 1 para ambos ejes y para I_p el valor de 1 para el eje “X” y 0.9 para

el eje “Y”. Finalmente obteniendo tanto para el eje “X” y eje “Y” R_0 de 7.

- **Periodo de la edificación (T)**

Para obtener los datos del T en el eje “X” y eje “Y”, se utilizó el software ETABS.

- **Factor de amplificación sísmica (C)**

Para determinar el factor C se utilizó las expresiones de la Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente del RNE en el artículo 14, teniendo en cuenta los valores del periodo de la edificación tanto en el eje “X” y eje “Y”.

- **Fuerza cortante en la base**

Para la obtención de la fuerza cortante en el base primero se realizó el cálculo del factor de escala partiendo de las expresiones de la Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente del RNE en el artículo 28.2, se realizó una verificación de la relación C/R, este tiene que ser mayor e igual a 0.11 para ambos ejes, según dicta dicha norma.

Para el factor de escala se tiene la siguiente formula:

$$FE = \frac{Z \cdot U \cdot C \cdot S}{R}$$

En donde Z es el factor zona, U es el factor de uso e importancia, C es el factor de amplificación sísmica, S es el factor de

amplificación del suelo, R es el coeficiente de reducción sísmica.

Los resultados del **FE** fueron ingresados en el software ETABS el cual brindo los datos de fuerza cortante en la base.

- **Fuerza cortante en los muros de corte**

La fuerza cortante que actúa en los muros de corte es proporcionada por el software ETABS con los datos anteriormente ingresados.

- **Sistema Estructural**

Para poder definir en qué sistema estructural se encuentra nuestra edificación en “X” y “Y”, se sumó la fuerza cortante que actúa en los muros de corte y luego se dividió por la fuerza cortante basal. Con el porcentaje obtenido se pasó a la clasificación de acuerdo con el Art. 16.1 de la Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente del RNE.

Análisis para un Sistema de Muros Estructurales

- **Coeficiente de Reducción Sísmica (R)**

Se verifica el sistema de **Muro Estructurales** tanto para el eje “X” y eje “Y” $\Rightarrow R_0 = 6$ por lo que se considerará I_a un valor de 1 para ambos ejes y para I_p el valor de 1 para el eje “X” y 0.9 para el eje “Y”. Finalmente obteniendo tanto para el eje “X” y eje “Y” un R_0 con el valor de 6.

- Se realizó el mismo procedimiento que se efectuó en el análisis del sistema dual para la determinación del: periodo de la edificación, factor de amplificación sísmica, fuerza cortante en la base, fuerza cortante en los muros de corte y su sistema estructural.

Resultados

Sistema Dual

- **Periodo de la edificación (T)**

Los datos obtenidos del software ETABS fue de 1.737 y 1.522 para el eje "X" y "Y" respectivamente, estos datos representan el periodo fundamental de vibración para cada dirección.

- **Factor de amplificación sísmica (C)**

Después del cálculo resultó que $C_x = 0.864$ y $C_y = 0.986$, donde estos datos se interpretan como el factor de amplificación de la aceleración estructural respecto a la aceleración del suelo.

- **Fuerza cortante en la base**

El factor escala para cada eje fue $FE_x=0.048$ y $FE_y=0.055$, la obtención de estos datos nos sirvió para identificar la fuerza cortante en la base como se muestra en la tabla 1:

Tabla 1

Fuerza cortante en la base, obtenido mediante ETABS

Caso	Cortante X ton	Cortante Y ton
CSX	288.141	0
CSY	0	366.1793

Fuente: Elaboración propia.

- **Fuerza cortante en los muros de corte**

Los resultados de fuerza cortante en los muros que proporcionó el software ETABS se muestran en la tabla 2, la sumatoria para cada eje fue de $\sum x=242.084$ ton y $\sum y=339.897$ ton.

Tabla 2

Fuerzas cortantes en los muros de corte, obtenido mediante ETABS.

Story	Pier	Output Case	CORTANTE (ton)	Output Case	CORTANTE (ton)
Story1	P1	CSX	-47.0865	CSY	80.2766
Story1	P2	CSX	-48.2269	CSY	83.8706
Story1	P3	CSX	48.0625	CSY	88.8611
Story1	P4	CSX	47.7012	CSY	88.9466
Story1	P5	CSX	59.2899	CSY	-0.5148
Story1	P6	CSX	182.3435	CSY	-1.5434

Fuente: Elaboración propia.

- **Sistema Estructural**

Según la consideración inicial en el que se asumió un sistema dual ($R_o = 7$), se obtuvo los porcentajes de 84% y 93% como se percibe en la tabla 3, estos datos nos dicen que del total del cortante basal en los muros de corte están absorbiendo el 84% en “X” y el 93% en “Y”, por lo cual, no sería verídico asumir un sistema dual según lo establecido en el Art. 16.1 de la Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente del RNE.

Tabla 3

Análisis del sistema dual en la dirección X-Y.

Dirección	V Total	%V que absorben las placas
X	242.0837	84%
Y	306.4642	93%

Fuente: Elaboración propia.

- **Sistema Estructural**

- *Fuerza cortante en la base*

Con la corrección según la consideración final para sistema de muros estructurales ($R_o=6$), se obtuvo los nuevos datos de fuerza cortante en la base como se muestra en la tabla 4:

Tabla 4

Fuerza cortante en la base, obtenido mediante ETABS

Caso	Cortante X ton	Cortante Y Ton
CSX	336.1646	0
CSY	0	384.1881

Fuente: Elaboración propia.

- **Fuerza cortante en los muros de corte**

En la tabla 5, se muestra las cortantes en los muros de corte para cada piso, las sumatorias de las fuerzas cortantes en cada eje fue de $\sum x=282.431$ ton, $\sum y=356.613$ ton.

Tabla 5

Fuerza cortante en los muros de corte, obtenido mediante ETABS.

Story	Pier	Output Case	CORTANTE (ton)	Output Case	CORTANTE (ton)
Story1	P1	CSX	-54.9342	CSY	84.2246
Story1	P2	CSX	-56.2647	CSY	87.9954
Story1	P3	CSX	56.0729	CSY	93.2313
Story1	P4	CSX	55.6514	CSY	93.321
Story1	P5	CSX	69.1715	CSY	-0.5401
Story1	P6	CSX	212.7341	CSY	-0.5401

Fuente: Elaboración propia.

• Sistema Estructural

Con los resultados de la relación entre la fuerza cortante que actúa en los muros de corte con la fuerza cortante basal, como se

puede observar en la tabla 6, se comprobó que efectivamente la edificación en estudio pertenece a un sistema de muros estructurales.

Tabla 6

Análisis del sistema de muros estructurales en la dirección X-Y.

Dirección	V Total	%V que absorben las placas	Sistema estructural
X	282.431	84%	Sistema De Muros Estructurales
Y	356.6129	93%	Sistema De Muros Estructurales

Fuente: Elaboración propia.

Discusión

Al analizar los resultados obtenidos del software ETABS sobre la cortante basal de la estructura la cual con ayuda de la Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente del RNE, nos ha permitido definir en qué sistema estructural se encuentra nuestra edificación en “X” y “Y”

Según la consideración inicial para un sistema dual ($R_o = 7$), se tiene que del total de la cortante basal en los muros de corte que este absorbe se encuentra en el rango de 70% a 100% en “X” y “Y”. El resultado obtenido supera un 14% para este sistema según lo mencionado en el artículo 16 de la Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente del RNE.

Haciendo la corrección según la consideración final para sistema de muros estructurales ($R_o=6$), se obtuvo que efectivamente la edificación en estudio pertenece este sistema con 84% para “X” y 93% para “Y”.

Con respecto al análisis con el software ETABS, según Alfaro (2017) en su tesis titulada “Estudio comparativo de la Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente del RNE y la norma chilena NCH433 diseño sísmica de edificios, y su aplicación a un edificio de concreto armado”, realizó con éxito los diseños de edificio de concreto armado, utilizando el software ETABS v15.2.2. Se realizaron dos análisis sísmicos, el primero con la Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente del RNE y el segundo con la norma chilena NCH433. Podemos decir que es muy importante la utilización del software ETABS ya que se adapta a las normas técnicas de cada país.

Respecto al análisis de la cortante basal, según León y Gutierrez (2018) en su tesis titulada “Comparación estructural y económica de edificio de 7 pisos ante cambio de la Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente del RNE”,

en donde se realizó una comparación en la cortante basal entre la norma antigua y la norma vigente, obteniéndose como resultado un incremento de la cortante en 7.9% y 14.9% en las direcciones X-X y Y-Y respectivamente. De ello podemos decir que la norma antigua y la norma vigente muestran un impacto importante debido a los criterios que estos presentan.

En función a los resultados obtenidos según el procedimiento y criterios de la Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente del RNE se puede identificar el tipo de sistema estructural por el cual este sea más factible en los diseños de las edificaciones obteniendo así un mejor comportamiento contra los sismos y según Rupay (2023) se debe buscar la continuidad de

los servicios, control del daño y reparabilidad de la edificación.

Conclusión

- Se determinó la cortante Basal mediante el análisis sísmico estático según la Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente del RNE en la cual se obtuvo para el eje “X” 282.431 ton y para el eje “Y” 356.613 ton.
- La determinación del sistema estructural nos ayuda a asignar adecuadamente el coeficiente básico de reducción sísmica en el diseño de la edificación para zonas de la región selva.

Agradecimiento

Expresamos un sincero e imperecedero agradecimiento a la Universidad Nacional Intercultural de la Selva Central Juan Santos Atahualpa, por formarnos como investigadores y al ingeniero Marcos Rupay Vargas por el apoyo y las constantes asesorías que nos brindó como docente y profesional para la culminación satisfactoria del presente artículo.

Contribución de los autores

MJRV. Revisión de la redacción del artículo.

MHE. Empleo de los cálculos y modelamiento en el software ETABS.

YASQ. Análisis de resultados, realización de material y métodos

RAVP. Recolección de datos, realización de las figuras y tablas

JRHC. Redacción del artículo

Conflictos de interés

No presenta conflicto de intereses.

Referencias

- Alfaro Ríos, V. (2017). Estudio comparativo de la Norma Técnica E.030 diseño sismorresistente y la norma chilena nch433 diseño sísmico de edificios, y su aplicación a un edificio de concreto armado.
- Blanco Blasco, A. (1994). Estructuración y diseño de edificaciones de concreto armado. Colegio De Ingenieros Del Perú/1994-1995.
- CAPECO. (2021). Informalidad y vulnerabilidad a sismos de gran intensidad. Diario Gestión: <https://gestion.pe/tu-dinero/inmobiliarias/ocho-de-cada-10-viviendas-en-el-peru-es-informal-y-vulnerable-a-sismos-de-gran-intensidad-noticia/>
- Carrera, Y. (2018). Evaluación de los parámetros sísmicos con la incorporación de aisladores elastómeros con núcleo de plomo en el edificio José Quiñones Lima-2018.
- Instituto Nacional de Defensa Civil (2007). Compendio Estadístico y Atención de desastres 2007. INDECI Lima.Perú
- Leon Ingaruca, M. H., & Gutierrez Morales, S. D. (2018). Comparación estructural y económica de edificio de 7 pisos ante cambio de la norma E.030 diseño sismorresistente.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2018). Norma Técnica E.030 Diseño sismorresistente del reglamento nacional de edificaciones.
- Ottazzi Pasino, G. A. (2014). Apuntes Del Curso Análisis Estructural I (8.a ed.). Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Ottazzi Pasino, G. A. (2015). Apuntes Del Curso Concreto Armado I (15.a ed.). Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Oviedo Sarmiento, R. (2016). Diseño Sismorresistente de edificaciones de concreto armado. Oviedo Ingeniería EIRL.
- Quispe, E. (2017). Evaluación Comparativa del Análisis Estructural entre los Sistemas Estructurales: Pórticos y Dual (Pórtico Rigidizados) en un Edificio Tipo Educacional. Universidad Nacional de Cajamarca.
- Rupay Vargas, M. (2023) "Apuntes de la clase de (Sistemas estructural), Universidad Nacional Intercultural de la Selva Central "Juan Santos Atahualpa", Chanchamayo, Junín.
- Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción (2020) Reglamento Nacional de Edificaciones E.060 Concreto Armado. SENCICO Lima, Perú.



Análisis estructural de armaduras planas aplicando
el método matricial de rigidez en suelos de selva,
Chanchamayo (Perú)



ARTICULO ORIGINAL

Análisis estructural de armaduras planas aplicando el método matricial de rigidez en suelos de selva, Chanchamayo (Perú)

Structural analysis of flat reinforcement using the stiffness matrix method in jungle soils,
Chanchamayo (Peru)

Marcos Josué Rupay Vargas^{1*} , Isaías Luciano Monago Tarazona¹ , Luis Enrique Napoleón Rodríguez¹ , Candida Sonia Rojas Bermudo¹ , Kevin Raúl Teraccaya Samaniego¹ 

RESUMEN

La investigación tuvo como objetivo realizar el análisis de armaduras planas mediante la aplicación del método matricial de rigidez en un suelo blando de baja capacidad portante con los softwares SAP 2000 y Ftool. Se argumenta en la obtención de desplazamientos en los grados de libertad (GDL) establecidos en el sistema Q-D y las fuerzas internas para cada barra que compone la armadura. La armadura en estudio estuvo compuesta por 4 barras de sección transversal de 500 mm², módulo de elasticidad de 350 GPa y un asentamiento de 15 mm en el apoyo fijo 1. La armadura plana presentó como respuesta estructural desplazamientos en los GDL 3, 4, 6, 7, se produjeron fuerzas internas en todas las barras y desplazamientos por efecto del asentamiento en toda la estructura. Se resalta que el asentamiento en el apoyo fijo 1 por suelo blando, generó mayor deformación en la armadura que las cargas aplicadas. Por otro lado, las respuestas estructurales calculadas manualmente resultaron iguales a las obtenidas con los softwares SAP2000 y Ftool, lo que pone en manifiesto que el método matricial es preciso en sus resultados.

Palabras clave: Asentamientos; deformación; fuerzas internas; método directo de rigidez.

ABSTRACT

The objective of the research was to perform the analysis of flat reinforcement by applying the stiffness matrix method in a soft soil of low bearing capacity with SAP 2000 and Ftool software. It is argued by obtaining the displacements in the degrees of freedom (GDL) established in the Q-D system and the internal forces for each member composing the reinforcement. The reinforcement under study was composed of 4 bars with a cross section of 500 mm², modulus of elasticity of 350 GPa and a settlement of 15 mm in the fixed support 1. The flat reinforcement presented as structural response displacements in GDL 3, 4, 6, 7, internal forces were produced in all the bars and displacements due to the effect of the settlement in the whole structure. It should be noted that the settlement in fixed support 1 due to soft soil generated greater deformation in the reinforcement than the applied loads. On the other hand, the structural responses calculated manually were equal to those obtained with SAP2000 and Ftool software, which shows that the matrix method is accurate in its results.

Keywords: Settlements; deformation; internal forces; direct rigidity method.

¹ Universidad Nacional
Intercultural de la Selva
Central Juan Santos
Atahualpa,
Chanchamayo, Perú.

*Autor de correspondencia.
E-mail:
mrupay@uniscisa.edu.pe

Recibido: 14 de abr de 2023
Aprobado: 07 de Jul de 2023
Publicado: 26 de Jul de 2023

Para citar este artículo:

Rupay Vargas M., Monago Tarazona I., Napoleón Rodríguez L., Rojas Bermudo C., Teraccaya Samaniego K. (2023) Análisis estructural de armaduras planas aplicando el método matricial de rigidez en suelos de selva, Chanchamayo (Perú). *Yotantsipanko*, 3(1), 73 - 82. <https://doi.org/10.54288/yotantsipanko.v3i1.31>



Introducción

Rupay et al. (2023) en su plan de estudio titulada *“Análisis estructural de una armadura aplicando el método de la rigidez considerando asentamiento y apoyo rotado”* mencionan que los grados de libertad (GDL), describen el comportamiento de una estructura en función de los desplazamientos y fuerzas que están relacionados con un número de grados de libertad. Por ende, se consideran restricciones y por lo tanto, surge un vector de reacciones que se sitúan en las coordenadas del sistema Q-D. Esto quiere decir que en estructuras de armadura planas en 2D por cada nodo libre se tiene 2 grados de libertad de desplazamiento en la dirección del eje “X” y en el eje “Y”. Cuando se posee apoyo simple se va tener un grado de libertad paralela a la dirección del apoyo y cuando se posee apoyo fijo no se tendrá ningún grado de libertad.

Según Martínez (2019) en su cuarta edición del libro, sobre el *“Análisis de Estructuras Métodos Clásico y Matricial”* menciona que para calcular la matriz de rigidez del elemento se considera respecto al sistema de coordenadas locales de cada uno de ellos, donde sólo se van a poder desplazar sobre su eje de referencia, esto debido a que las acciones en el elemento tienden a ser exclusivamente fuerzas axiales.

Según Soto y Merma (2020) en su revista *“Análisis estructural de armaduras bidimensionales con el Método Matricial de*

Rigidez empleando softwares” mencionan que los softwares, se obtuvieron valores muy similares para los desplazamientos, las reacciones y las fuerzas axiales, por lo que se concluye que las herramientas que se presentan en este trabajo son confiables, por consiguiente, pueden ser empleadas con fines académicos por docentes y estudiantes de Ingeniería Civil o de una carrera afín con la finalidad de minimizar el tiempo invertido en el análisis y de obtener resultados más precisos con respecto a la resolución manual, sin embargo, se recomienda al lector tener un adecuado dominio de los conceptos, las teorías, las ecuaciones y el procedimiento de análisis para el método, ya que los programas de computadora sólo deben ser herramientas auxiliares.

Un método para analizar, evaluar y comprobar los comportamientos dinámicos que presenta una estructura, sería, con el uso de softwares como el SAP2000. Justifican el empleo de dicho software, con respuestas reales al modelar y determinar un análisis en la estructura. (Novely, 2015; Torres & Acosa, 2016; Silva, 2017; David et al 2019; Perez, 2019; Rupay, 2022)

Este artículo será de mucha utilidad a todos los que desean conocer un poco más del área estructural. Se justifica en sumar conocimiento en este rubro y despejar incertidumbre referente a la precisión de los resultados, ya que, en el presente, se muestra el desarrollo matemático usando el método directo de la

rigidez para determinar los desplazamientos, fuerzas internas y asentamientos que se producen en terrenos blandos característicos de la selva central, posterior a ello se corrobora los resultados empleando los softwares SAP2000 y Ftool.

Por ello la investigación tuvo como objetivo realizar el análisis de armaduras planas mediante la aplicación del método matricial de rigidez en un suelo blando de baja capacidad portante, donde se va comparar los resultados obtenidos manualmente con los softwares SAP2000 y Ftool.

Materiales y métodos

Para el presente artículo, se consideró un caso de armadura plana donde se realizó el análisis estructural por el método matricial de rigidez, donde las barras tienen una sección transversal de $A = 500 \text{ mm}^2$ y un módulo de elasticidad $E = 350 \text{ GPa}$, con asentamiento de 15 mm en el apoyo fijo 1, de la (figura 1).

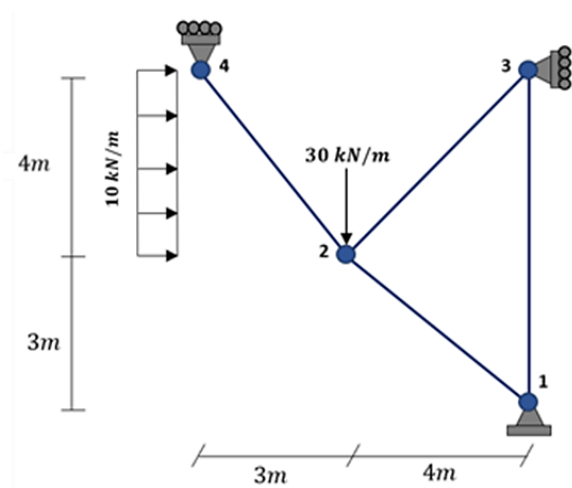


Figura 1. Caso de armadura plana, sistema real

Estructura con grados de libertad

En primer lugar se estableció el sistema Q-D de la armadura como se muestra en la Figura 2.

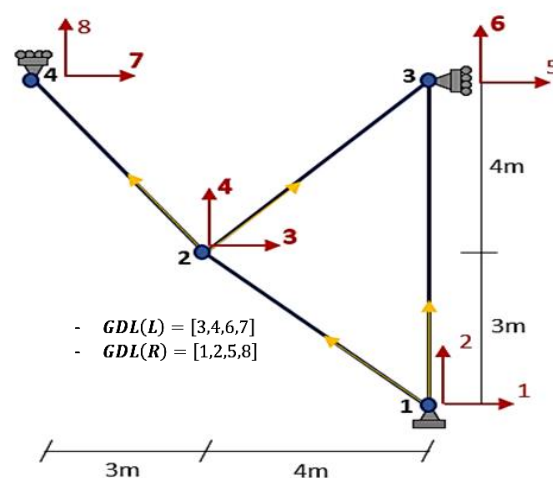


Figura 2. Estructura con grados de libertad.

* GDL (L): Grados de libertad libre, GDL (R): Grados de libertad restringido

Seguidamente se estableció el sistema primario (Figura 3) y complementario de la armadura plana.

Sistema primario 1

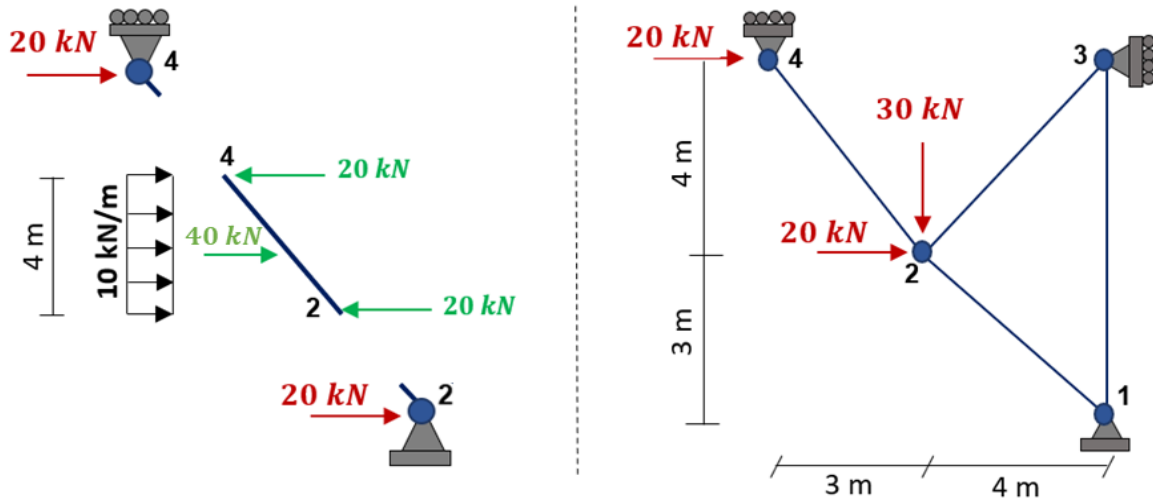


Figura 3. Estructura con cargas aplicadas en los nodos

Sistema complementario 1

Se realiza el ensamblaje para la matriz de rigidez.

Se obtiene la inversa de la matriz y se procede a hallar el desplazamiento.

Fórmula del vector desplazamiento:

$$D = K^{-1} * \{Q\}$$

$$Q = \begin{bmatrix} 20 \\ -30 \\ 0 \\ 20 \end{bmatrix} \quad D = \begin{bmatrix} -2.9005 \\ -2.9005 \\ -0.7619 \\ 6.75855 \end{bmatrix}$$

Fuerzas internas

Una vez conocidos los desplazamientos y giros de los nudos se calculó las fuerzas internas.

BARRA 1 – 2

→ $F_{12} = -69.048$ Nos representa las fuerzas internas que pertenecen al elemento de la barra 1-2.

BARRA 2 - 3

→ $F_{23} = 21.550$ Nos representa las fuerzas internas que pertenecen al elemento de la barra 2-3.

BARRA 1 – 3

→ $F_{13} = -69.04$ Nos representa las fuerzas internas que pertenecen al elemento de la barra 1-3.

BARRA 2 – 4

→ $F_{12} = -33.333$ Nos representa las fuerzas internas que pertenecen al elemento de la barra 2-4.

Sistema Q - D

El sistema QD llega a ser los grados de libertad que presenta la estructura, en el siguiente

diagrama se esquematiza los GDL (L) grados de libertad libre, son aquellos en los que el apoyo va presentar desplazamiento, y los GDR (L), grados de libertad restringido, son aquellos en los que los apoyos no van a presentar desplazamiento.

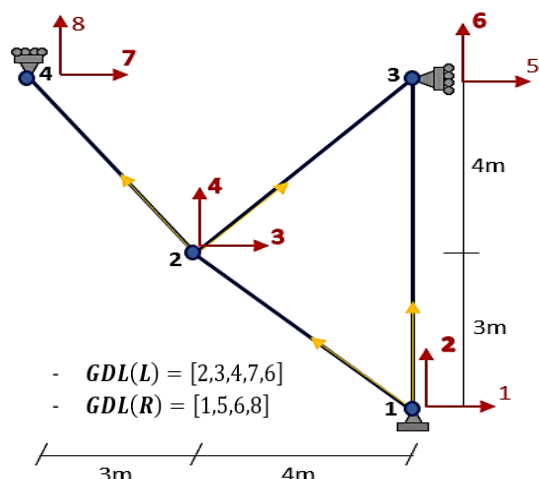


Figura 4. Asentamiento en el apoyo fijo N° 1

- Se realizó el ensamblaje para la matriz de rigidez K de la estructura a partir de los datos geométricos y elásticos de las barras y la forma como están conectadas entre ellas; D el vector de desplazamiento generalizado, que agrupa giros y desplazamiento de los

nudos y Q es el vector de fuerzas generalizadas que actúan sobre la estructura.

- Se obtuvo la inversa de la matriz y se procede a hallar el desplazamiento.
- Fórmula del vector desplazamiento:

$$D = K^{-1} * \{Q\}$$

Vector deformaciones

Aplicamos la siguiente fórmula:

$$D = K^{-1} * (Q - Q_s);$$

D3	0
D4	-15
D6	-15
D7	20

Resultados

En las siguientes tablas se muestran el resumen de los resultados para desplazamientos, fuerzas internas y asentamiento, hallados manualmente y con el uso de softwares.

Tabla 1

Desplazamientos de los GDL (Grados de libertad) de la Armadura

Grados de libertad	Cálculo manual D(mm)	Software Ftool D(mm)	Software SAP2000 D(mm)
3	-2.9005	-2.9000	-2.9006
4	0.9071	0.9070	0.9073
6	-0.7619	-0.7620	-0.7618
7	6.7585	6.7586	6.7584

*D(mm) Desplazamiento en milímetros

Se observa en la tabla 1 que los desplazamientos obtenidos manualmente y con los softwares

Ftool y SAP2000 para los grados de libertad 3, 4, 6 y 7 presentan resultados parecidos y similares.

Tabla 2

Fuerzas internas en las barras de la armadura

Barras	Cálculo manual F(kN)	Software Ftool F(kN)	Software SAP2000 F(kN)
1-2	-69.048	-69.040	-69.050
2-3	21.550	21.500	21.560
1-3	-15.238	-15.240	-15.230
2-4	-33.333	-33.330	-33.334

**F(kN) Fuerzas en kilo Newton*

Se observa en la tabla 2 que las fuerzas internas de la armadura obtenidas manualmente y con los softwares Ftool y SAP2000 para las barras 1-2,2-

3,1-3, y 2-4 presentan resultados parecidos y similares.

Tabla 3

Desplazamientos producidos por el asentamiento de 15 mm en el apoyo Fijo

Grados de libertad	Cálculo manual D(mm)	Software Ftool D(mm)	Software SAP2000 D(mm)
3	-15	-15.001	-15.0001
4	-15	-15.01	-15.0001
6	-15	-15.01	-15.00001
7	20	20.01	20.001

**D(mm) Desplazamiento en milímetros*

Se observa en la tabla 3 que los desplazamientos producidos por el asentamiento de 15 mm en los apoyos fijos, obtenidos manualmente y con los softwares Ftool y SAP2000 para los grados de

libertad 3, 4, 6 y 7 presentan resultados parecidos y similares

Discusión

Ramón (2020) menciona que el método de rigidez está dentro del análisis matricial de estructuras, el cual nos permite hallar desplazamientos de la estructura analizada, así también se corroboran los resultados haciendo uso de los softwares Ftool y SAP2000.

Atalaya (2019) sustenta que el cálculo de estructuras planas usando el método rigidez mediante la aplicación de softwares como MAT y SAP2000, arroja resultados similares y fiables.

Guardiola (2020) menciona que el programa Ftool permite comprobar los resultados obtenidos en el análisis de estructuras planas de manera manual, concluyendo que coinciden significativamente.

Conclusión

Se concluye que la armadura plana que se estudió bajo condiciones de la selva (Chanchamayo), presentó como respuesta estructural desplazamientos en los GDL 3,4,6,7, de la armadura, también se produjeron fuerzas internas en todas las barras y desplazamientos por efecto del asentamiento en toda la estructura.

Empleando los softwares SAP2000 y Ftool, se registraron valores similares con la técnica manual lo que pone en manifiesto que con la ayuda de los softwares obtienes resultados similares en poco tiempo.

Recomendaciones

Considerando la importancia que tiene esta investigación y en función a los resultados obtenidos por el método matricial de la rigidez y corroborando dicho cálculo con los softwares Ftool y SAP2000 se formulan algunas sugerencias tanto como para universitarios, profesionales o algún interesado en el campo de la ingeniería:

- Emplear los softwares SAP2000, Etabs, Ftool u otros de últimas versiones, para así corroborar los cálculos de los respectivos análisis estructurales, tales como los de pórticos planos, con más precisión, rapidez y eficacia.
- Para el empleo de armaduras planas en casos reales como en los puentes, requiere de cálculos precisos y muy bien elaborados, por ello es de gran importancia la aplicación de métodos efectivos de cálculos fiables a la hora de analizar dichas armaduras, métodos como el análisis matricial de la rigidez y entre otros

Agradecimiento

A la Universidad Nacional Intercultural de la Selva Central Juan Santos Atahualpa.

Contribución de los autores

MJRV, contribución, Revisión Final del artículo (asesor).

CASRB, contribución, Análisis de Resultados y redacción del artículo.

LENR, contribución, recolección de datos procesamiento de datos.

KRTS, contribución, modelamiento en Ftool, SAP2000.

ILMT, contribución, discusión y conclusiones

Conflictos de interés

No presenta conflicto de intereses.

Referencias

- Rupay, M. (2022). Apuntes Análisis Estructural II: Metodo directo de la Rigidez en Armaduras. Universidad Nacional Intercultural de la Selva Central Juan Santos Atahualpa, Junín, Chanchamayo.
- Pérez, L. (2019). Análisis Comparativo del Diseño Estructural de un Edificio de Concreto Armado de 4 Niveles, por Método Clásico y los Programas Etabs y Pcad, Carapongo Chosica, Lima 2019.
- David et. al (2021). Análisis estructural de armaduras en dos dimensiones con el Método Matricial de Rigidez utilizando programación en Excel y MATLAB. Recuperado de: <https://www.researchgate.net/publication/357339516>
- Ramon,J.(2020). Análisis Estático de un pórtico plano de siete pisos mediante el método de Rigidez y comprobación con el software Calsap. Universidad Tecnica de Machala, Machala,Ecuador.
- Torres & Acosta (2016). Análisis y diseño de estructuras con SAP2000 v. 15. Marcombo.
- Atalaya, M. (2019). Comparación del comportamiento estructural de vigas, pórticos y armaduras usando un programa elaborado en Lua respecto a SAP 2000."Universidad Nacional de Cajamarca", Perú.
- Guardiola, A. (2020). Cálculo de solicitaciones de un pórtico plano con ayuda del programa de análisis Ftool.
- Novely, B. (2015). Análisis Matricial de estructuras por el método de la rigidez. Pamploa, Colombia.
- Rupay et. al (2023). Análisis estructural de una armadura aplicando el método de la rigidez considerando asentamiento y apoyo rotado. *Polo del Conocimiento*, 8(6), 571-596.
- Silva, G. (2017). Método Matricial para el Análisis de Armaduras Planas y Espaciales. *L'esprit Ingeniéis*, 7(1).

De la película: *UN DÍA INESPERADO*

“Esta investigación no trata de ser perfecta, ni de que los costes se amorticen, ni de superar a la competencia ... trata de dar a las personas el más preciado de los bienes ... el tiempo. Es una gran oportunidad para que la aprovechen. Ustedes deciden.”

Revista científica

YOTANTSIPANKO



Universidad Nacional Intercultural de la Selva Central
JUAN SANTOS ATAHUALPA

ISSN: 2789-5475