

ISSN versión impresa: 1990-2409  
ISSN versión electrónica: 1990-7044

# PROSPECTIVA UNIVERSITARIA

Instituto General de Investigación de la Universidad Nacional del Centro del Perú

Volumen 17

Enero - Diciembre 2020

Número 1

<https://revistas.uncp.edu.pe/index.php/prospectiva>  
Huancayo - Perú

# PROSPECTIVA UNIVERSITARIA

Revista Científica del Instituto General de Investigación

Universidad Nacional del Centro del Perú

Volumen 17, Número 1 / enero - diciembre 2020

## DIRECTOR

Jorge Luis Yangali Vargas

## COMITÉ EDITORIAL

### Universidad Nacional del Centro del Perú

Delia Palmira Gamarra Gamarra

Adolfo Gustavo Concha Flores

Clara Raquel Espinoza Silva

Miguel Ángel Travezaño Aldana

Rubén Alania contreras

### Universidad Nacional de Huancavelica

Rufino Paucar Chanca

José Luis Contreras Paco

Jorge Rodríguez Deza

### Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión

Eduardo Mayorca Baldoceca

Romel López Alvarado

Ramiro Siuce Bonifacio

### Universidad Pinar del Río - Cuba

Héctor Barrera Medel

Cuba Bertha Rita Castillo Edua

Mario Tomasill Fiho - Universidad de Sao Paulo - Brasil

César Pérez Ruíz - Universidad Politécnica de Madrid - España

Dante Ayaviri Nina - Universidad Nacional de Chimborazo - Ecuador

## Editor

Edgar Rojas Zacarías

## Coordinador de edición

Enzo Martín Casimiro Soriano

## Revisión lingüística

Ingrid Maritza Aquino Palacios - Marco Antonio Palacios Villanes

Christian Cayo Vila Vilchez - Alberto Jiménez Vilela

## Revisión lingüística en inglés

Vilma Reyes De La Cruz

Marco Antonio Meza Pérez Palma

## Diseño y diagramación

Christian Cayo Vila Vilchez - Alberto Jiménez Vilela

## Figura de portada

<https://www.freepik.es/vectores/fondo>>Vector de Fondo creado por freepik

## E-Mail

prospectivauniversitaria@uncp.edu.pe Teléfono: 064-481082, anexo 6022

Director: jyangali@uncp.edu.pe - Editor: edgarrojas@uncp.edu.pe - Coordinador: ecasimiroSORIANO@gmail.com

Dirección: Mariscal Castilla N° 3909 - 4089 - Ciudad universitaria, El Tambo - Huancayo

Publicación anual de distribución gratuita

## Impresión

Héctor Montero Aliaga - Elmer Ávila Pomalaya - Edwin Pérez Peñaloza

Fondo y Producción Editorial e Impresión de la Universidad Nacional del Centro del Perú

Dirección: Mariscal Castilla N° 3909 - 4089 - Ciudad universitaria, El Tambo - Huancayo

**Texto completo disponible en: <http://www.uncp.edu.pe/>**

---

**Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú N° 2006-4116**

---

**ISSN versión impresa:** 1990-2409

**ISSN versión electrónica:** 1990-7044

Registrada en el directorio de:



Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento No Comercial 4.0 Internacional

Los artículos publicados por Prospectiva Universitaria del Instituto General de Investigación de la Universidad Nacional del Centro del Perú, son de acceso abierto, distribuidos bajo los términos de la Licencia Atribución-No Comercial 4.0 Internacional. (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>), que permite el uso no comercial y distribución en cualquier medio, siempre que la obra original sea debidamente citada.

---

# Índice

---

## ARTÍCULOS CIENTÍFICOS

**Prototipado bootstrapping y adaptabilidad disruptiva para el desarrollo de un parque científico tecnológico de tercera generación**

*Bootstrapping prototyping and disruptive adaptability for the development of a third generation science technology park*

Porras Rojas, J. E. / Carrera Cabezas, D.

pp. 11 – 24

**Trabajabilidad del concreto con mezclas embolsadas y su influencia en la resistencia**

*Workability of concrete with bagged mixtures and its influence on strength*

Reymundo Gamarra, R. H. / Caller Pariona, S. K.

pp. 25 - 30

**Influencia del proceso de fermentación del café (*Coffea arabica*) en la durabilidad del concreto en laboratorio, Satipo – 2018**

*Influence of the coffee fermentation process (Coffea arabica) on the durability of concrete in laboratory, Satipo – 2018*

Camargo Caysahuana, A. / Contreras Rodríguez, J. H.

pp. 31 – 40

**Deshidratación osmótica de mashua amarilla (*Tropaleum tuberosa*) con jarabe invertido de sacarosa y jugo de maracuyá**

*Osmotic dehydration of yellow mashua (Tropaleum tuberosa) with inverted sucrose syrup and passion fruit juice*

Acosta López, E. R. / Castro Garay, A.

pp. 41 – 47

**Sistema de monitoreo inteligente para controlar los factores ambientales de un invernadero en la región Junín**

*Intelligent monitoring system to control the environmental factors of a greenhouse in the Junín region*

Gamarra Moreno, A. / Taípe Castro, J. A. / Arellano Vélchez, M. A. / Lozano Paulino, Y. D.

pp. 49 - 59

**Carbonización hidrotérmica de agua gris para obtener biocarbón libre de gérmenes**

*Hydrothermal carbonization of gray water to obtain free germ biocarbon*

Lazo Baltazar, B. D. / Lazo Castro, D. J.

pp. 61 - 68

**Pérdida de carga en un sistema de tuberías de agua: comparación de resultados experimentales mediante el equipo HM 150.61**

*Pressure loss in a water piping system: comparison of experimental results using the HM 150.61 equipment*

De La Cruz Lezama, M. / Delzo Salomé, A. S. / Jacobi Lorenzo, R. / Mattos Inga, C. P.

pp. 69 - 79

**Control de la cavitación para obtener los parámetros de funcionamiento óptimos en bombas centrífugas**  
*Cavitation control to obtain optimal operating parameters in centrifugal pumps*

Muñico Casas, E. / Mayco Chávez, R. J. / Cairo Hurtado, T.

pp. 81 - 85

**Perfil de estilo intelectual cognitivo de estudiantes de la Facultad de Ingeniería Metalúrgica y de Materiales de la Universidad Nacional del Centro del Perú**

*Cognitive intellectual style Profile of students from the Faculty of Metallurgical and Engineering Materials of the Universidad Nacional del Centro del Perú*

Chaccha Tinoco, E. / Álvarez Sierra, G. L. / Palomino Carhuallanqui, K. R. / Álvarez Sierra, C.

pp. 87 - 97

**Influencia del programa de pensamiento crítico en el rendimiento académico en el área de matemática de los estudiantes de la Facultad de Ingeniería de Minas de la UNCP**

*Influence of the critical thinking program on academic performance in mathematics area of Mine Engineering students at UNCP*

Mayor Pariona, S. / Tarma Vivas, W. N. / Mayor Pariona, J.

pp. 99 - 107

**Evaluación de la remoción de materia orgánica del lixiviado mediante el proceso de electrocoagulación del botadero La Mejorada - El Tambo**

*Evaluation of the organic matter removal from the leachate by means of the electrocoagulation process of the La Mejorada dump - El Tambo*

Loayza Morales, C. A. / Ochoa León, H.

pp. 109 - 114

**Evaluación de la temperatura y el tiempo de calcinación en la síntesis y caracterización de nanopartículas de TiO<sub>2</sub> para el uso como agente antibacterial**

*Evaluation of the calcination temperature and time in the synthesis and characterization of TiO<sub>2</sub> nanoparticles for use as an antibacterial agent*

Ingaruca Álvarez, E. / Rojas Zacarías, E. / Vilca Moreno, O. / Ochoa León, H. / Caro Meza, E. / Tinoco Bernuy, E.

pp. 115 - 118

**Pretratamiento ácido de residuos de apio (*Apium Graveolens*)**

*Acid pretreatment of celery residues (*Apium Graveolens*)*

Eufracio Arias, W. E. / Sanabria Pérez, E. A.

pp. 119 - 137

**Estado actual de eutrofización utilizando el modelo matemático del índice de estado trófico (IET) en la laguna de Paca de la provincia de Jauja**

*Current state of eutrophication using the mathematical model of the trophic state index (IET) in the Paca Lagoon of the Jauja province*

Osorio López, I. L. / Navarro Rodríguez, S. / Cuellar Arancibia, C. S.

pp. 139 - 142

**Estudio de las disciplinas de la organización inteligente en la gestión de la Universidad Nacional del Centro del Perú**

*Study of the intelligent organization disciplines in the management of the Universidad Nacional del Centro del Perú*

Olivera Meza, J. L. / Ulloa Ninahumán, J. / Olivera Meza, A. L. / Santivañez Ezquivel, I.

pp. 143 - 148

---

**Dinámica de cambios de usos de suelo mediante agentes inteligentes y cadenas de Markov en el distrito de Huancayo**

*Dynamic of land use change through smart agent and Markov chains in Huancayo district*

Arauco Esquivel, S. / Huamán Samaniego, H. / Soriano Córdova, G.

pp. 149 - 158

**Parámetros limnológicos y productividad piscícola para la pisci-cultura de trucha arco iris en lagunas altoandinas - Junín, Perú**

*Dynamic of land use change through smart agent and Markov chains in Huancayo district*

Arauco Esquivel, S. / Huamán Samaniego, H. / Soriano Córdova, G.

pp. 159 - 165

**Reglamento de Publicación de la Revista "PROSPECTIVA UNIVERSITARIA"**

pp. 169 – 170

**Guía para la presentación de artículos científicos**

pp. 171 – 173



---

# Editorial

---

El presente volumen, de la revista *Prospectiva Universitaria*, publica artículos científicos, que son resultado de los proyectos de investigación realizados por docentes, estudiantes, administrativos y asociados y financiados con recursos propios de la Universidad Nacional del Centro del Perú; además, de trabajos de investigación de su Escuela de Posgrado.

Asimismo, se incluyen los artículos ganadores de las Jornadas de Investigación de distintas facultades, cuyas exposiciones se desarrollaron en la Semana Nacional de la Ciencia 2020, de acuerdo a la programación nacional de Concytec, los cuales fueron evaluados por reconocidos investigadores de la Universidad Nacional Agraria La Molina, Universidad Nacional de Huancavelica, Universidad Nacional Mayor de San Marcos y nuestra casa superior de estudios.

La principal novedad del contenido, en el presente volumen respecto a los anteriores, ha sido el especial enfoque de las publicaciones originales en las áreas de Ingeniería y Ciencias Aplicadas. El cambio de la perspectiva multidisciplinaria tiene como objetivos la indización de *Prospectiva Universitaria* en un repositorio de alto impacto y la mejora en los procesos de revisión por pares ciegos. En relación al plan de mejora continua para la publicación de los artículos, se optimizaron los formatos de presentación, edición general, maquetación y diagramación del contenido.

Conforme al nuevo enfoque de publicación de la revista, se solicitó a los investigadores la presentación de trabajos de investigación en ingeniería y ciencias aplicadas relativos a nuevas tecnologías, estudios ambientales, sistemas y procesos, nuevos materiales, industrias alimentarias e innovaciones.

En el campo de nuevas tecnologías, se publican los trabajos de diseño de sistemas de monitoreo inteligente en invernaderos, carbonización hidrotérmica para la obtención de biocarbón y evaluación de capacidad de carga en sistemas de tuberías de agua. La macro-implementación de estas investigaciones podría ayudar a mitigar los problemas regionales de producción controlada de alimentos, uso de energías alternativas y suministro de agua. La revista, también incluye estudios de carácter ambiental aplicados en entornos regionales de alta demografía para diagnóstico y descontaminación. Estos trabajos describen el nivel de eutrofización en la Laguna de Paca, luego diseñan y aplican técnicas para la remoción de carbono orgánico en Huancayo.

El diseño inteligente en los procesos de gestión de la UNCP, estudios de perfil profesional y rendimiento académico se llevaron a cabo en las facultades de Ingeniería de Sistemas, Ingeniería Metalúrgica e Ingeniería de Minas. Los resultados de las investigaciones permitirían mejorar la administración de la gestión en las facultades y perfeccionar el currículo educativo.

Para nuevos materiales, destacan los resultados en la mejora de calidad de concreto por diversos métodos. A ello se suma, la investigación en el cambio de uso de suelos, cuyas potenciales aplicaciones derivan en la mejora de las cualidades de vivienda en una población regional creciente.

Se amplía el contenido con los estudios en el procesamiento tecnológico de la mashua amarilla para su conservación y el desarrollo de simulaciones de accidentes de trabajo en minería. Ambas investigaciones, en sus respectivos campos, representan un aporte importante por su impacto en la salud, económico y social para el medio regional.

El enfoque especializado y la optimización en los procesos de revisión y edición de la revista, mejorarán su difusión en las plataformas digitales; así como, su lectura y consideración por la academia nacional e internacional, sector privado, administración pública y la sociedad en general. Adicionalmente, las decisiones del Comité Editorial encuentran respaldo en una estricta revisión por pares académicos especialistas. El conjunto de mejoras aplicadas, propone a *Prospectiva Universitaria* como elemento activo en la lista de referencias bibliográficas de alto impacto para los interesados en ingenierías y ciencias aplicadas.

En ese sentido, agradecemos a los autores, colaboradores, revisores, Fondo y Producción Editorial e Impresión, Instituto General de Investigación, Vicerrectorado de Investigación de la UNCP y a todos quienes contribuyeron en la publicación del presente número, ahora con temática especializada.

Finalmente, reiteramos nuestro aprecio a los lectores seguidores de *Prospectiva Universitaria* de la comunidad universitaria, académicos, sociedad civil, gobierno y sector privado que siguen referenciando los artículos, aquí mostrados, en sus informes, investigaciones y publicaciones.

**Prospectiva Universitaria**





# ARTÍCULOS CIENTÍFICOS





# Prototipado bootstrapping y adaptabilidad disruptiva para el desarrollo de un parque científico tecnológico de tercera generación

## Bootstrapping prototyping and disruptive adaptability for the development of a third generation science technology park

Javier Eduardo Porras Rojas<sup>1</sup>, Diego Carrera Cabezas<sup>1</sup>

E-mail: [jporras@uncp.edu.pe](mailto:jporras@uncp.edu.pe) / [dcarrera@uncp.edu.pe](mailto:dcarrera@uncp.edu.pe)

### Cómo citar

Porras Rojas, J. E. & Carrera Cabezas, D. (2020). *Prototipado bootstrapping y adaptabilidad disruptiva para el desarrollo de un parque científico tecnológico de tercera generación*. *Prospectiva Universitaria, Revista de la UNCP*. 17(1), 11-24. <https://doi.org/10.26490/uncp.prospectivauniversitaria.2020.17.1398>

### Resumen

La presente investigación tiene como objetivo principal determinar cómo incide el prototipado bootstrapping en el desarrollo del parque científico tecnológico de tercera generación de la Universidad Nacional del Centro del Perú (UNCP). Con un enfoque para la adaptación de materiales en la resolución de problemas y el uso del diseño sobre criterios múltiples. La investigación se encuentra en la interfaz entre territorio, arquitectura, biología e informática y aborda la complejidad, la sostenibilidad y los desafíos de innovación en el diseño e ingeniería de materiales y entornos. El proyecto se inserta dentro del ámbito de una ciudad-territorio (CT) y, en esta se hace aplicativo, vía materia mediada, el desarrollo de un parque científico y tecnológico (PCT) de tercera generación, haciendo evidente la relación estratégica de PCT-CT, inmerso en una modelación generativa de inteligencia territorial (IT), situación que faculta la gestión pertinente y eficaz a través del uso de herramientas Delivery Unit y/o CitiStat, que validan el I+D+I de la UNCP, la red de PYMEs situadas dentro de selva central y de la misma CT, que constituyen los actores y grupos de interés a ser captados como inminentes integrantes del PCT y, de otro lado, recoger las experiencias de cuatro estratégicos PCTs de Cataluña-España (PCTs: UPC, UB, UAB, Lleida, se cuenta con un convenio inicial específico con la Universitat Politècnica de Catalunya).

**Palabras clave:** parques científicos tecnológicos de tercera generación, adaptabilidad disruptiva, prototipado bootstrapping en arquitectura, transferencia bio-tecnológica

### Abstract

The main objective of this research is to determine how bootstrapping prototyping affects the development of the third generation scientific technological park of the Universidad Nacional del Centro del Perú (UNCP). With a focus on adapting materials in problem solving and the use of multi-criteria design. The research is at the interface between territory, architecture, biology and informatics and addresses the complexity, sustainability and innovation challenges in the design and engineering of materials and environments. The Project is inserted within the scope of a city-territory (CT) and in this area, the development of a third-generation Science and Technological Park (STP) is applied, making evident the strategic relationship of STP-CT, immersed in a generative modeling of Territorial Intelligence (TI), a situation that enables the relevant and effective management through the use of Delivery Unit and/or CitiSTAT tools, which validate the R & D & I, of the UNCP, the network of SMEs located within the Central Forest and the same TC, which constitute the actors and stakeholders to be recruited as imminent members of the STP and, on the other hand, collect the experiences of four strategic STPs in Catalonia-Spain (STPs: UPC, UB, UAB, Lleida, there is a specific initial agreement with the Universitat Politècnica de Catalunya).

**Keywords:** third generation science technology parks, disruptive adaptability, bootstrapping prototyping in architecture, bio-technological transfer

<sup>1</sup>Docentes de la Facultad de Arquitectura - UNCP

## Introducción

Para la planificación y desarrollo óptimo de un parque científico tecnológico (PCT) de tercera generación, se requiere, como condición previa, el conocimiento del territorio donde esta a de funcionar y, a partir de esa identificación, determinar las características y condiciones que debe comportar dichas instalaciones. Empero, tales espacios territoriales involucran y demandan un sistema complejo de organismos tangibles y no tangibles, de la participación heteróclita de diversos actores sociales; así como, de instituciones que determinan el talante, la aptitud, la suficiencia con el que deben estar regulados el PCT y su entorno, dado que la estructura interna, comporta factores de escalabilidad de crecimiento y auto-regulación selectiva acorde con sus dimensiones de innovación y competitividad, que le permitan sostenerse en el tiempo y estar en una permanente y homogénea producción del conocimiento. Estas unidades de un PCT, requieren per se una organización de un enclave urbano inteligente, como tal sus fuentes deben ofrecer los elementos propios de una Smart City, dentro de un ecotono-urbano y como quiera que en estos mosaicos territoriales, en las que está inmerso el PCT, se hace necesario contar con herramientas de la ciencia de la inteligencia territorial, que haga coherente y pertinente la lectura entre una Smart City y su entorno de IT. Decodificar los componentes de sus estructuras esenciales, demanda hacer una lectura transversal y multidisciplinaria y el manejo de grandes datos a fin de poder trabajar bajo los estándares de una IT.

La pertinencia del tema de investigación, previo a la planificación y proyectación del PCT, que haga fluida y orgánica la escalabilidad y cumplimiento de estándares de una Smart City a través de un sistema de materia mediada, facilitará la optimización y sostenibilidad del PCT de la Universidad Nacional del Centro del Perú, para obtener logros de innovación, competitividad y cultura.

Como condición previa, se realizó las visitas a los grupos de interés, los futuros receptores de transferencia tecnológica como son las empresas agroalimentarias, situadas dentro del valle del Mantaro y selva central de la región Junín, las cuales formarán parte activa del Parque Científico Tecnológico de la Universidad Nacional del Centro del Perú, las mismas que contarán con financiamiento público-privado, asumiendo los roles previstos dentro de las normativas de la IASP.

Hecha la revisión actualizada de la extensa literatura sobre PCTs de tercera generación, a la luz de las herramientas metodológicas adoptadas y de las coordenadas teóricas que estructuran el presente proyecto de investigación, puede definirse que el PCT, en estudio, evidencia en su brazo operativo, una marcada tendencia a la transferencia bio-tecnológica que va en directa re-

lación a asumir la protección, previsión y planificación de sus ecosistemas naturales de su área de influencia, de cara a hacer sostenible su inminente crecimiento ante los impactos que estos necesariamente van a experimentar durante su fase de demanda y desarrollo de un anticipado mercado emergente; es decir, el PCT de la universidad va en relación directamente proporcional a la preservación de sus espacios naturales de donde obtiene los productos sometidos a mejora de la producción y competitividad de los mismos orientados hacia el mercado nacional e internacional, dada su alta valoración que la alimentación orgánica ha conseguido (Cruz, 2015). Esto además, implica el amplio y complejo rastreo diacrónico de la cadena de producción y vigilancia tecnológica de los productos orgánicos dentro de su lógica bootstrapping, que solo en un PCT ad hoc puede ser viable. Valiev (2017) identifica cinco acciones de implementación y caracterización que asignan condiciones mínimas para su desarrollo, estas son: "Ahorro de recursos, tecnologías ecológicas, biotecnologías, técnico-tecnológico y tecnologías sociales".

Estas líneas de acción solo serán posibles en la medida en que, dicho PCT se inserte a una cadena global con aliados estratégicos experimentados en bio-tecnologías agrarias y que se vinculan fundamentalmente a una trama de políticas de Estado, en razón a que sus resultados implican un largo proceso de adaptabilidad y rol con que la universidad debe llevar. Asimismo, el mismo Valiev destaca la característica holística que esta debe tener a fin de hacer pertinente la aplicación de una inteligencia territorial, que no solo asigne el rol a especialistas frente a una estructura orgánica compleja, sino, ante todo, muestre que tal corte transversal de la gestión de PCT de transferencia bio-tecnológica, devela de manera enfática la tragedia de los anti-comunes, como el principal escollo ante una propuesta tecno-científica surgida fuera de la lógica organizativa centralista del Estado peruano.

## Materiales y métodos

La investigación utiliza un enfoque cualitativo. Según Hernández et al. (2014), "los estudios cualitativos pueden desarrollar pregunta e hipótesis antes, durante o después de la recolección y el análisis de los datos que sirve para descubrir las preguntas de investigación más importantes, para después perfeccionarlas y responderlas" (p. 7).

El alcance de la investigación se caracterizó por ser descriptivo. Según Hernández et al. (2014), ello "responde causas de eventos y fenómenos físicos o sociales, explicar por qué ocurre un fenómeno o por qué se relacionan dos o más variables" (p. 95).

El diseño de la investigación que se empleó fue el no experimental. Según Hernández et al. (2014), "se trata que no hacemos varias en forma intencional las variables independientes, es observar fenómenos tal y como se dan en su contexto natural" (p 20).

Para la validación de la investigación, los instrumentos empleados fueron tres encuestas más fichas analíticas: “son entrevistas diseñadas para obtener información específica” (Naresh, 2014).

La muestra del estudio estuvo constituida por la población objeto de estudio del valle del Mantaro y selva central de la región Junín. La misma que permite una relación biunívoca con sus ecosistemas de producción y donde se encuentran grupos de interés, los futuros receptores de la transferencia tecnológica como son las empresas agroalimentarias; las mismas que cuentan con financiamiento público privado.

**Figura 1**

Metodología estructurada para la investigación.



Hecho las agendas de visitas de campo referidas, las empresas y entidades trabajadas fueron las siguientes:

**Tabla 1**

Tabla problemática vigente encontrada.

Nº	Empresa	Problemática vigente encontrada
1	Cooperativa Agraria Agro-pallanga	Accesibilidad a la industria, carencia de eficiencia energética, elementos arquitectónicos en desproporción, inadecuada ubicación de planta industrial, difícil accesibilidad a zona agrícola (insumos), carencia de diseño micro industrial de herramientas.
2	Joyería Mizumi-San Jerónimo de Tunán	Se debe deslindar concepto de producción artesanal y producción industrial, carencia de diseño micro industrial de herramientas.
3	Municipalidad Distrital de San Martín de Pangoa - CITE Producción del cacao.	Adaptabilidad de modelos exitosos vgr. CENICAFE (Instituto de Investigación en Innovación sobre el café), que viene desarrollándose sobre la base de CENICAFÉ-12 DISCIPLINAS: Biometría, economía, calidad, mejoramiento, post cosecha, suelos, entomología, fitopatología, fisiología, fitotecnia, agroclimatología, experimentación.
4	Eco Business Nambu Eirl-Mazamari	Carencia de sistematización industrial en su infraestructura, nivel de valor agregado mínimo por limitaciones tecnológicas y de diversificación en su producción. Ausencia de prototipados en bambú, carencia de diseño micro industrial de herramientas.

5	Agro-Industria Reymax SAC (Fundo Leticia) Mazamari	Planificación ecosistémica del territorio, elementos de monitorización, sistematización de accesos, carencia de diseño micro industrial de herramientas.
6	NS Coral Fabricante de cajón fermentador de cacao Trapezoidal	Accesibilidad a la industria, infraestructura con carencia de materiales del lugar a través de patrones, módulos, prototipado de elementos constructivos para la selva central, sistematización y presentación del espacio industrial, carencia de diseño micro industrial de herramientas.
7	Jack Fruit Campaña Río Negro	Accesibilidad, infraestructura con carencia de materiales del lugar a través de patrones, módulos, prototipado de elementos constructivos para la selva central, sistematización y presentación del espacio industrial, formalización científica del microclima multi-agrario, carencia de diseño micro industrial de herramientas.
8	Asociación Cooperativa Agroindustria Chanchamayo Srl-Pichanaki	Ordenamiento territorial, mapa de vulnerabilidad hidrológica (ecosistémico y holístico) corte sincrónico y diacrónico, agro-climatología, ordenamiento paisajístico de la infraestructura y viviendas ecológicas, carencia de diseño micro industrial de herramientas.

Al hacer la gestión de los presupuestos teóricos a nivel de inteligencia territorial (IT), sobre lo que comporta geo-estratégicamente la región Junin y dentro de esta cómo articula al desarrollo del país. Este conocimiento de gestión de territorio está directamente vinculado al mercado inmobiliario, tal como señala Alencar (2020) al mencionar que “Lo que distingue a un PCT de otros entornos innovadores es que se trata de un extenso negocio inmobiliario”. Se analizó, cómo la universidad, uno de los componentes de la triple hélice del PCT de tercera generación, históricamente pasó de ser una universidad comunal a una universidad con oferta de profesiones liberales; empero, estructuralmente sin ninguna trascendencia en el impacto del desarrollo regional.

Es precisamente a través del PCT, donde se pretende cerrar estas brechas y entrar a un tercer estadio de su historia, interactuando en el territorio de la región mediante una gestión de redes en clave Gateway Cities a fin de articular orgánicamente las principales ciudades intermedias con que cuenta la región Junín y su relación biunívoca con sus ecosistemas de producción. Esta tomas de partido suponen actuar prospectivamente sobre el territorio y adoptar herramientas pertinentes, como una adecuada gestión de desarrollo tecnológico, dentro de un marco permanente de disrupciones y transformación continua, como atenta lectora de sus cloud & devops y de esa forma se proyecte dentro del mercado global mediante el establecimiento y comprensión de una activa cultural aware-

ness, que potencien trabajar colaborativamente desde nuevas plataformas y asociativamente con pares estratégicos de otras partes del mundo; sobre el mismo, ya se tienen establecidos la red XPCAT de Catalunya, con la cual se tiene establecido un convenio marco.

**Figura 02**

*Espacios de desarrollo de la IT en el objeto de estudio.*



Blázquez (2020) señala la necesidad imperiosa de contar con indicadores que midan los avances y tendencias orgánicas diacrónicas de un PCT de cara a su posicionamiento dentro de su entorno; "...el uso de la contabilidad social para medir el valor social (VS) generado por los PCyT". Propone el uso de "datos secundarios" que evidencian la importancia del impacto social del PCT, vía empresas innovadoras como activos constructos de un PCT, en términos de VS, las mismas que muestran ser superiores en este nuevo sistema de medición, es desde esa tendencia de "datos abiertos", donde se hace más productiva el procesamiento de variables, canalizados por nuevas tecnologías de procesamiento como la Big Data, dada su naturaleza abierta, heteróclita y no relacional.

Dentro del uso de las métricas que miden la eficacia y la eficiencia de los PCTs que está sometido a análisis dentro de marco normativo operacional. Bozo (2016) señala que "...en el procedimiento original, un parque científico/tecnológico exitoso es aquel que devuelve hasta el 90 % de las inversiones en forma de impuestos", dentro de la experiencia rusa, -que es su objeto de estudio-, observa que no existen legislaciones por separado entre un parque industrial y un PCT, "...los PCTs deben proporcionar el documento de acreditación que indique el volumen anual de productos innovadores realizados por los residentes de los PCTs.

Esta acotación implica la importancia del abordaje de un PCT, ex ante, durante y ex post; así mismo den-

tro de la planificación urbana sus códigos proyectuales están dados dentro de un master plan de ecosistemas a escala regional. Esta evaluación está sintetizada en la siguiente fórmula:

$$IpE = EQ1 \times 0,5 + EQ2 \times 0,5$$

Donde:

- IpE, es la evaluación integrada de la actividad de los PCTs
- EQ1, es la evaluación de la eficacia sobre la base de criterios cualitativos
- EQ2, es la evaluación de la eficacia basada en criterios cuantitativos.

**Tabla 02**

*Criterios de evaluación de la innovación.*

Nº	El nombre de Criterios	El factor característico	El índice ilustrativo
<b>Criterios para la evaluación de la actividad de innovación:</b>			
1.	Política de incubación	El asesoramiento de expertos, los servicios adicionales prestados a los residentes, el porcentaje de ofertas aceptadas del total número de votos	sin criterios
2.	Educación e imágenes	Los centros educativos, los eventos de formación y seminarios	la descripción de los residentes (potenciales) existentes del parque industrial sobre la cooperación con universidades e institutos de investigación del acuerdo
3.	Infraestructura	La infraestructura científica, los centros de ingeniería	la presencia de terrenos para el parque industrial en propiedad estatal, la descripción de la infraestructura y utilidades de la industria parque
4.	Oferta y demanda	El seguimiento de la demanda de los productos de las empresas residentes, las reuniones con los clientes, la asistencia con la concesión de licencias	el cumplimiento del proyecto de inversión el programa de desarrollo socioeconómico de Rusia, el especialización sectorial del parque industrial
5.	Inversiones	La creación de fondos regionales con la participación de capital privado, la formación de inversores privados	la participación de la inversión privada en el costo total del proyecto

6.	Los objetivos y KPI	El sistema de KPI para parques industriales, la financiación pública vinculante para implementar su KPI	el propósito del proyecto de inversión, la justificación para contratar el presupuesto federal
<b>Los criterios para la evaluación de los efectos de la innovación:</b>			
1.	Efecto económico	Es necesario tener en cuenta los indicadores en términos de valor de todo tipo de resultados y los costos derivados de la implementación de innovaciones	el crecimiento del producto regional bruto, el valor de un área de 1 metro cuadrado
2.	Científico y Efecto técnico	La innovación, la sencillez, la utilidad, la estética, la compacidad	la falta de reposición suficiente de productos (obras y servicios)
3.	El financiero efecto	Los indicadores financieros	la devolución de fondos presupuestarios en forma de ingresos fiscales
4.	Efecto de recursos	el impacto en la producción y el consumo de tipos de fuentes	-
5.	Efecto social	el impacto social de la implementación de innovaciones	el número de trabajos creados (conservados)
6.	Efecto ecológico	el impacto de la innovación en el medio ambiente	-
7.	Política de incubación	El asesoramiento de expertos, los servicios adicionales prestados a los residentes, el porcentaje de ofertas aceptadas del total número de votos	Sin criterios
8.	Educación e imágenes	Los centros educativos, los eventos de formación y seminarios	la descripción de los residentes (potenciales) existentes del parque industrial sobre la cooperación con universidades e institutos de investigación del acuerdo
9.	Infraestructura	La infraestructura científica, los centros de ingeniería	la presencia de terrenos para el parque industrial en propiedad estatal, la descripción de la infraestructura y utilidades de la industria

Fuente: Bozo, 2016. p. 02, Tabla 01

Un conocimiento exhaustivo, prospectivo y predictivo sobre el complejo funcionamiento de la triple hélice dentro de su fase de creación de un PCT de tercera generación y centrado en generar transferencia fundamentalmente bio-tecnológica a fin de garantizar las bases para el establecimiento de un desarrollo regional, ha de suponer entender a plenitud sus “dinámicas inter-organizacionales” (Centeno, 2020), estudios que permiten anticipar y garantizar la convivencia armónica y orgánica de una triple hélice y dicha predictibilidad se centra en entender: “¿cómo se desarrolla la formación?” y ya no “¿por qué sucede?” (Martin-Martin, Romero & Wegner, 2019; citado por Centeno (2020).

Esta gestión de construcción apunta hacia una “teoría institucional”, que legitima a través del tiempo la estructura y su interrelación de la universidad con las diversas redes colaborativas, que generan una sinergia favorable en el desarrollo del PCT de tercera generación. Empero siguiendo un estudio profuso sobre la relación dada en la triple hélice, existen sub componentes que ilustran su complejidad y sugieren establecer y definir conceptos de forma, ex ante, a fin de hacer pertinente el éxito de un PCT; al respecto, Berbegal (2019) apunta a las variables: “clientes, producto, ámbito geográfico, inversores y sociedad”, las mismas que vinculados a un ontología científica en definir e identificar la “misión” de un PCT, experiencia basada en un análisis exhaustivo de literatura de más de 20 PCTs españoles, que conlleva a identificar la correcta tendencia del mismo.

Siendo el PCT un puente entre la universidad, la industria y con vínculo a la selectividad pertinente de identificar gobiernos comprometidos con políticas de promoción del talento humano, este discernimiento deberá centrarse tal como induce Löfsten (2019), en la atracción del “talento humano universitario”, sobre el mismo da cuenta de la vasta literatura de estudios referidos a atraer, incorporar a dichos estudiantes que en buena cuenta tal extrapolación genera un efecto sinérgico biunívoco que sacude de sus consuetudinarias chaturas al ámbito universitario centrado en el ejercicio liberal a expensas del mercado del nuevo profesional. Esta nueva etopeya de nuevo estudiante incluso sugiere una selectividad del perfil del nuevo estudiante, que debe romper el clásico examen de selectividad dado en la mayoría de las universidades peruanas para su ingreso al pre-grado.

Otro fenómeno a vigilar dentro de un PCT, es el impacto que genera la gestión de redes y la administración inmobiliaria dentro del entorno geográfico en el que está circunscrito dicha infraestructura y es relevante porque su desarrollo

debe denotar sostenibilidad del ecotono urbano y equilibrio dentro de un ámbito de ruralismo y urbanismo. Al respecto, existen experiencias de degradación por funcionamiento, “indicadores de desempeño”, dado en el principal PCT de Taiwan, explicado por Te-Wei (2020) o de la relación existente entre empresas con el PCT, dado en los Países Bajos, analizados por el mismo autor bajo una serie de innumerables encuestas orientadas hacia las empresas adscritas al PCT y también por la revisión de innumerables autores que dan cuenta de tales “indicadores de desempeño”.

Este esfuerzo de análisis ex post, refuerza la tesis que un PCT de tercera generación debe contar con certificaciones verdes, sus instalaciones y a nivel territorial de su cuenca estar inserto dentro de una ciudad territorio con amplio talante de agricultura urbana a fin de hacer coherente su emplazamiento paisajístico y sostenible. Un modelo adoptado para el presente proyecto de investigación está dado por el sistema LEED, que faculta lo descrito.

Sin embargo, las métricas de evaluación, difieren según la tipología del PCT, para el caso de la UNCP, es marcada la tendencia de transferencia bio-tecnológica que requieren de un amplio conocimiento y control sobre el impacto ambiental sobre los diversos eco-sistemas, que determinan el nivel de la huella ecológica. Dentro de la experiencia de los PCTs agrícolas chinos (ciudad de Zhongtan, distrito de Maiji, ciudad de Tianshui), este control se establece a través de “puntajes de energía”, que analiza y evalúa “el caudal ecológico”, de cara a reducir sus energías no renovables; ese modelo, asumido holísticamente, centra en adoptar el desarrollo mediante una “economía circular” (Yishui, 2019), tal situación se da en minimizar el impacto del uso de productos no renovables. Dentro del debate de ciencia y tecnología, se advierte, desde hace buen tiempo, que no es suficiente considerar a la sostenibilidad per se, como factor de solución en la intervención de los diversos ecosistemas, existen patrones que están más allá de estos debates centrados en la vigilancia inteligente, como garantes en la solución del problema, gestados desde una economía circular (Chiles, 2014). Una experiencia de vigilancia tecnológica dada desde la experiencia taiwanesa (Tai Chuang Yuan) de un PCT agrícola, nos da cuenta que tal propósito es posible lograrlo a partir de “... un sistema combinando de tecnología RS, tecnología GIS y tecnología de base de datos espacial. Implanta una serie de capacidades GIS avanzadas y resuelve la gestión de la información”, denominado por Fen (2016) como “sabiduría digital”, condición fundamental para gestionar la Internet de las Cosas (IoT), dentro de las instala-

ciones del PCT y su óptima relación con sus redes eco-sistémicas de producción, dadas dentro de la región, haciendo que se muestren como facilitadoras a aplicar un adecuado prototipado *Bootstrapping*, de la forma más pertinente y plausible.

**Figura 3**

*Estructura de la capa de la base de datos espacial*



**Fuente:** Fen, 2016

Ciertamente, ello estará condicionado a lo que Gang (2017) llama “Medidas de salvaguardia para el desarrollo de PCTs agrícolas”, situación preveniente en parte de su “Su eficiencia operativa y de gestión que son relativamente bajas y carecen de vitalidad”.

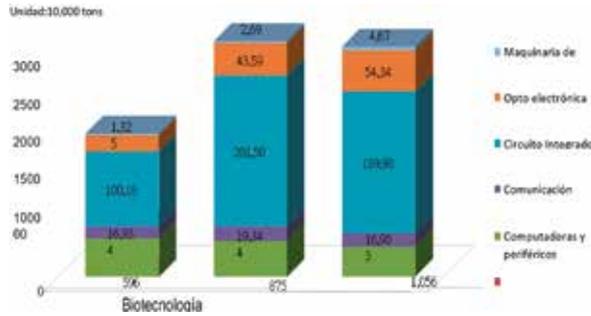
Ese monitoreo planificado y sistematizado anticipa, en una vigilancia tecnológica, el impacto en el uso de los recursos hídricos (Han-Chen, 2015):

La continua expansión de las empresas de alta tecnología en los PCTs requiere que se consuman grandes cantidades de recursos, entre estos el consumo de agua dulce, deteriorando la calidad del medio ambiente, por lo que la sociedad debe pagar un alto costo....aplicar un modelo de huella hídrica para evaluar el desarrollo sostenible del Parque Científico de Hsinchu en Taiwán. Primero, se utilizó un método input-output (IO) para establecer el modelo de huella hídrica para el parque científico... utilizamos el modelo para analizar la huella hídrica histórica de las seis industrias principales del parque.

Es decir, en un PCT agrícola el establecimiento de indicadores de la huella ecológica pueden desglosarse en numerosos componentes del ecosistema, que dan cuenta de las complejas interacciones dadas en los ecosistemas y que la data que se pueda obtener en tiempo real, garantizan la gestión exitosa de un PCT.

**Figura 4**

*Huellas hídricas directas e indirectas del PSH.*



Fuente: Han-Chen, 2015.

**Tabla 3**

*El índice de huella hídrica.*

	2001			2005			2006		
	Int.	Ext.	Suma	Int.	Ext.	Suma	Int.	Ext.	Suma
1 Biotecnología	2,56	0,67	3,23	2,75	0,98	3,74	2,56	1,12	3,68
2 Ordenadores y periféricos	0,82	2,28	3,10	0,96	2,46	3,42	1,31	2,68	3,99
3 Comunicación	0,92	2,09	3,02	0,78	2,42	3,20	1,05	2,69	3,73
4 Integrado circuito	1,70	0,97	2,67	1,59	1,12	2,71	1,37	1,02	2,39
5 Optoelectrónica	1,47	2,08	3,55	1,57	1,73	3,31	1,63	1,74	3,37
6 Precisión maquinaria	1,52	1,57	3,09	1,34	1,72	3,05	1,42	2,23	3,65
7 Total	8,99	9,66	18,66	8,99	10,43	19,43	9,34	11,48	20,81

Fuente: Han-Chen, 2015.

## Resultados

Es importante comprender que el éxito de un PCT, radica en la alta especialización y la aplicación en el tiempo de políticas de estado, que hayan nacido de una evidente lectura transversal y estructural que haya identificado geoestratégicamente un paper minucioso de sus ecosistemas y, por otro lado, la nueva visión de universidad post académica en el sentido ordinario del término, tal como señala Herrera-Marquez (2015): “La apuesta por PCT es arriesgada porque compromete a los actores a responder por lograr hacer realidad una visión de futuro compartida, pero construida sobre bases sólidas ...”.

Como quiera que un PCT se nutre del enfoque de múltiples disciplinas y que, al ser omniabarcables (Le-

cluyse, 2020), hace suyo el desarrollo del tema desde la relación cliente-servidor; es decir, la capacidad de medir la optimización del PCT, dependerá en gran medida de la satisfacción del inquilino, este nuevo aporte estará en comprender el “patrocinio organizacional al agregar nuevos conocimientos de la psicología social”, haciendo un arco teórico de PCTs, tanto en Asia como en Europa. Parece haber consenso que el elemento dinamizador "schumpeteriano" que adquiera la empresa, inquilina del PCT, será garante de generar condiciones necesarias para la esperada transferencia de conocimiento, validada dentro de un mercado altamente innovador, de necesaria integración global, centrado en un Gateway regional, concebido gracias a una cuidadosa planificación y vertebradora de una orgánica eficaz y eficiente triple hélice.

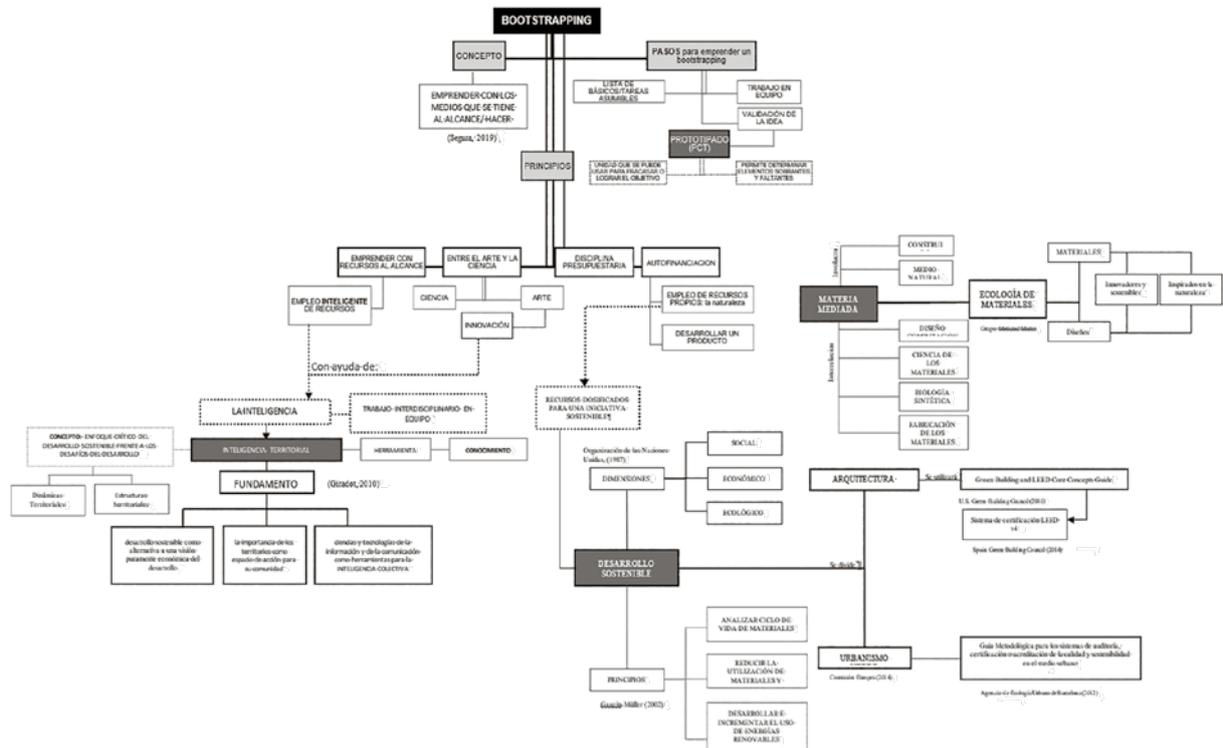
Los Institutos de investigación científica, que subyacen y surgen en torno a un PCT y en directa conexión con empresas innovadoras, independiente incluso de las mismas universidades, son indicadores del funcionamiento orgánico de PCT; ante todo, pone en relieve una gestión de territorio articulada. Powell (2017), en un estudio retrospectivo sobre el ambiente de “instituciones científicas” de países con fuerte identificación tecno-científica, pone de manifiesto la importancia de la noción de institucionalidad, que encuentra parte de su respuesta en el ámbito sociológico-cultural que está ligado a una gestión de hacer todo con todos, esta percepción inclusiva explica, en parte, la hegemonía anglofona como el lenguaje universal para transmitir los nuevos descubrimientos científicos y hace que los grandes debates científicos estén marcados de un fuerte talante eurocéntrico.

Dentro de ese espectro de competitividad establecido en el denominado arco asiático europeo, es importante señalar la autocrítica hecha por estudiosos chinos referidos a sus PCTs agrícolas, como alude Rao Liu (2011). A propósito del caso del PCT agrícola de Jiangxi, que diacrónicamente establece tres etapas en el proceso de desarrollo que se inicia con una “agricultura tradicional extensiva” y se proyecta a una agricultura del “tipo intensivo moderno”, quedando como cuota pendiente orientarse a una “agricultura ecológica”, evidentemente en esta última categoría será un factor *sine quanon*, establecer una intensa transferencia biotecnológica.

Esta orientación, sin embargo, está condicionado a desarrollarse dentro de una compleja trama, donde la inteligencia territorial y un smart urbanismo, -dado su enfoque holístico y adaptativo-, asumen dar respuesta a esta demanda multi-criterio, “es necesario adherirse al principio de vincular la planificación del parque con el plan de desarrollo económico de mediano y largo plazo del distrito, vinculándolo con el urbanismo integral”.

Figura 5

Escenario de discusión prospectiva sobre transferencia bio-tecnológica

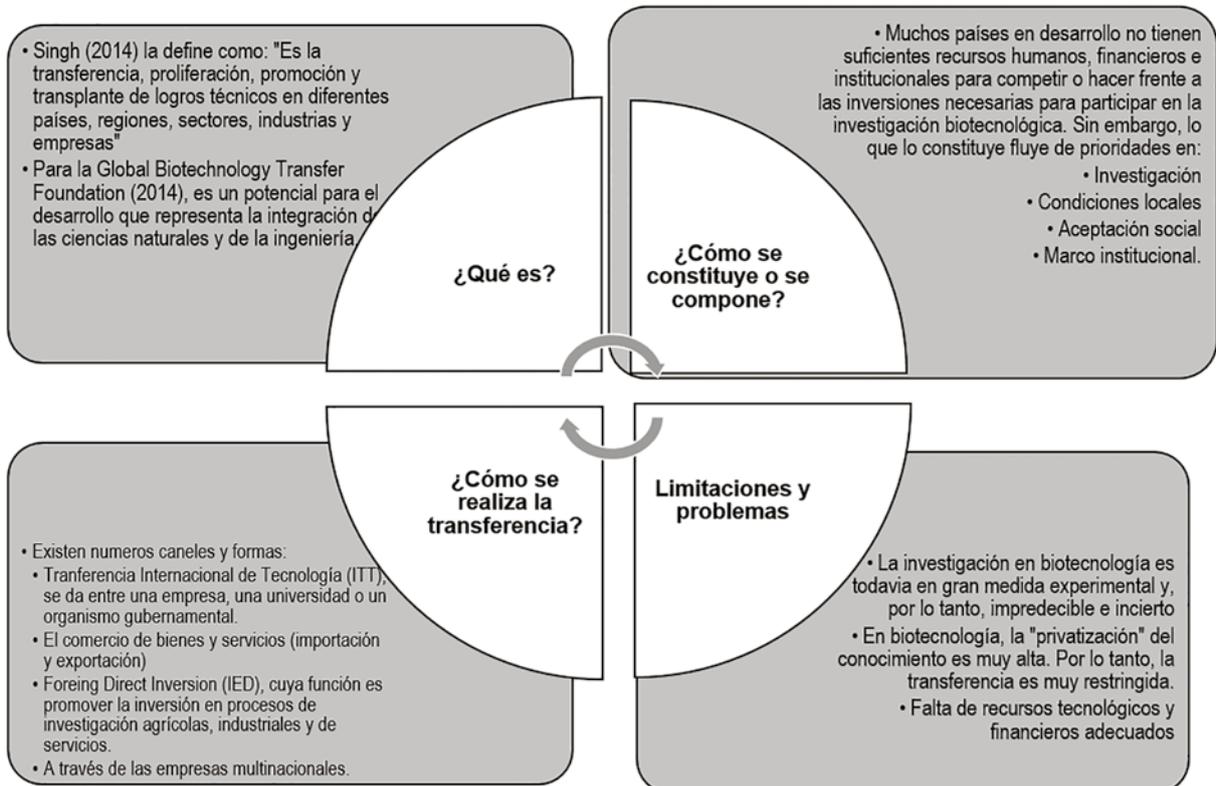


Discusión

Figura 6

Escenario de discusión prospectiva sobre transferencia bio-tecnológica

Transferencia de biotecnología



El prototipado *bootstrapping* y la adaptabilidad disruptiva optimizan el desarrollo y sostenibilidad del parque científico tecnológico de tercera generación de la Universidad Nacional del Centro del Perú.

- La materia mediada optimiza el desarrollo y sostenibilidad del parque científico tecnológico de tercera generación de la Universidad Nacional del Centro del Perú.
- La inteligencia territorial optimiza el desarrollo y sostenibilidad del parque científico tecnológico de tercera generación de la Universidad Nacional del Centro del Perú.
- El desarrollo sostenible optimiza el desarrollo y sostenibilidad del parque científico tecnológico de tercera generación de la Universidad Nacional del Centro del Perú.
- La transferencia de conocimientos optimiza el desarrollo y sostenibilidad del parque científico tecnológico de tercera generación de la Universidad Nacional del Centro del Perú.
- La transferencia de biotecnología sostenible optimiza el desarrollo y sostenibilidad del parque científico tecnológico de tercera generación de la Universidad Nacional del Centro del Perú.

**Parque científico y tecnológico de tercera generación**

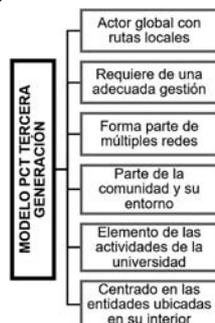
La importancia del territorio se destaca para desarrollar sistemas de investigación e innovación y, desde ese momento, muchos PCT en el mundo asumen su papel como instrumentos del desarrollo económico y social del territorio donde se encuentran. Dicha característica es la que define la tercera ola de PCT o parques científicos y tecnológicos de tercera generación (Adán, 2012).

De manera similar, Annerstedt, como se cita en Adán (2012), identifica tres generaciones de parques desde su origen en los años cincuenta. La tercera y actual generación de PCT es aquella en la que las funciones del parque se integran con el espacio urbano en un entorno dinámico de ciudad-región.

Para, Allen, como se cita en Adán (2012), el modelo de parque científico de tercera generación se describe a partir de determinados parámetros, los cuales son:

**Figura 7**

*Modelo PCT tercera generación*



**Parque científico y tecnológico agroalimentario**

El PCT agroalimentario, se basa en la especialización de la agroindustria, sustentada en el peso del sector agroalimentario del territorio donde se ubica. El sector agroalimentario, es un área al que se debe prestar atención en América Latina, puesto que conforma una potencial fuente de desarrollo económico y social, la cual no se está aprovechando adecuadamente. Como mencionan Bernard, Favret & Carole (2001)

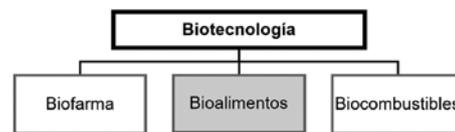
El mejoramiento de las capacidades científicas y tecnológicas en el sector agroalimentario es una necesidad imperiosa en los países de América Latina. En la mayoría de las organizaciones científicas es notoria la falta de información estratégica sobre agroalimentos y, a pesar de la infraestructura de documentación existente en ellas, carecen de información actualizada, la cual raramente está a disposición de los investigadores (p. 44).

**Biotechnológico**

Explicado anteriormente en apartado transferencia biotecnológica, se amplía el término en el campo de alimentos; en palabras de Cruz (2015), la biotecnología tiene tres aspectos fundamentales: biofarmacia, biocombustibles y bioalimentos, donde este último término entra en la investigación.

**Figura 8**

*Relación Biotecnología – Bioalimentos.*



Un apartado importante para la justificación del trabajo, es la ley ya establecida para el denominado Parque Científico y Tecnológico del Centro.

**Parque Científico y Tecnológico del Centro**

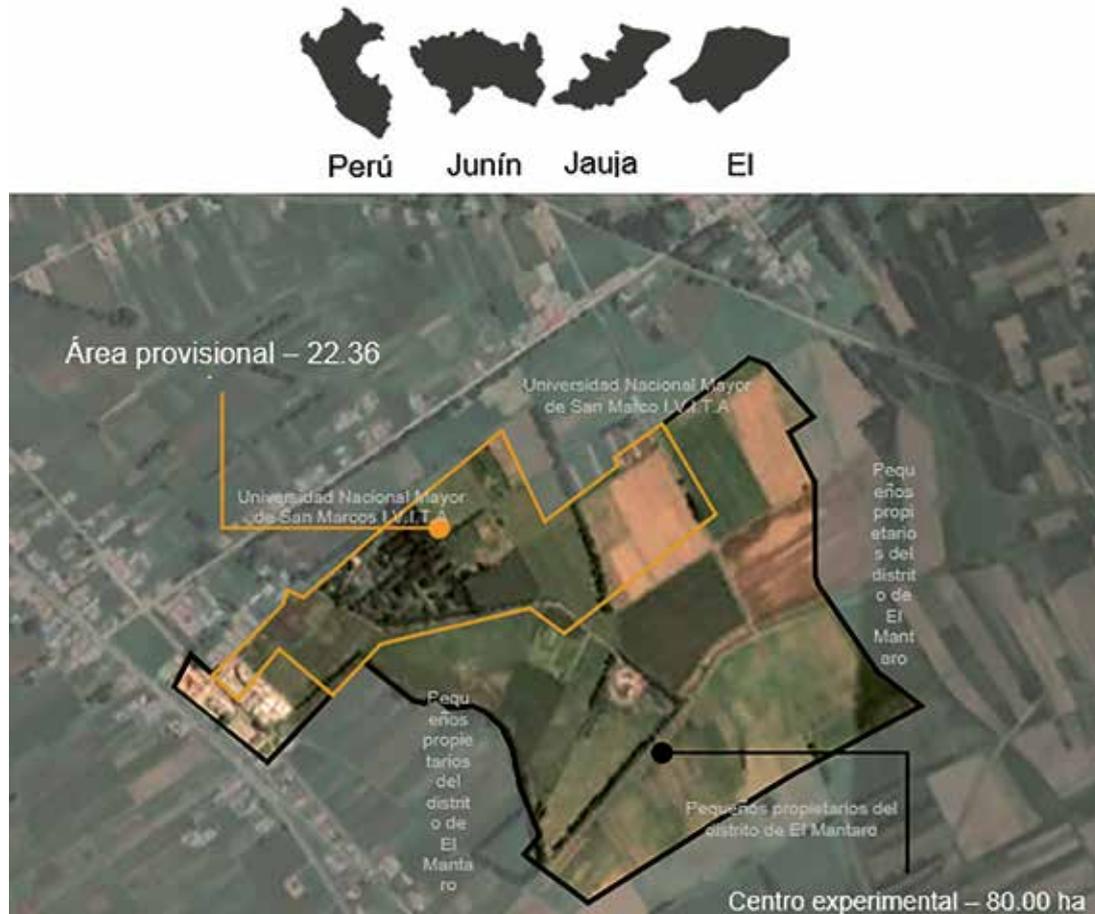
Actualmente, la Universidad Nacional del Centro del Perú ha obtenido Ley 2168/2017-CR. Según Congreso de la República (2017), declara de utilidad y necesidad pública, la implementación y creación del Parque Científico Tecnológico del Centro del Perú de la Universidad Nacional del Centro del Perú. Este apartado ayudará en tener una ubicación y localización del terreno del parque científico tecnológico.

*Parque Científico Biotecnológico Agroalimentario de Tercera Generación.*

Para hablar de un PCT agroalimentario, con influencia de la biotecnología será principalmente la producción de bio-alimentos y el impacto geo-territorial de la estructura del PCT de tercera generación, verá implicado no solo el distrito de El Mantaro. Los radios de influencia que tendrá este, será tanto por su cercanía como por el grado de interés que el PCT genere en el eje de la carretera central.

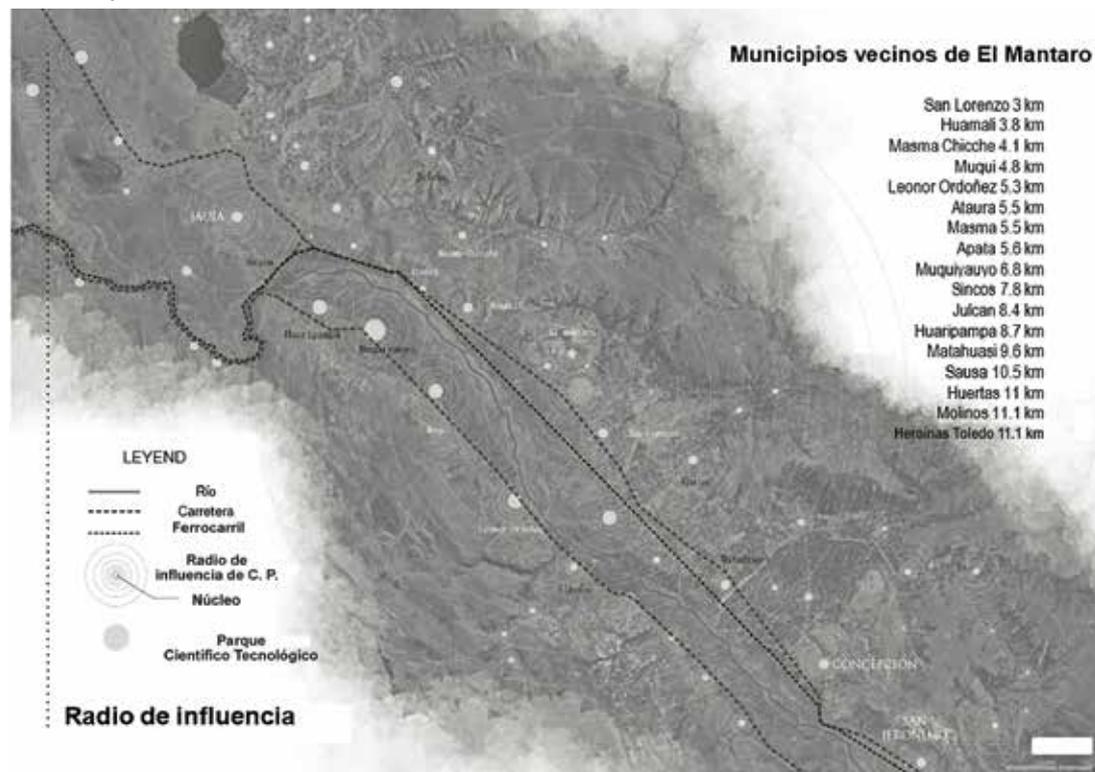
**Figura 9**

Ubicación del futuro PCT de la Universidad Nacional del Centro del Perú



**Figura 10**

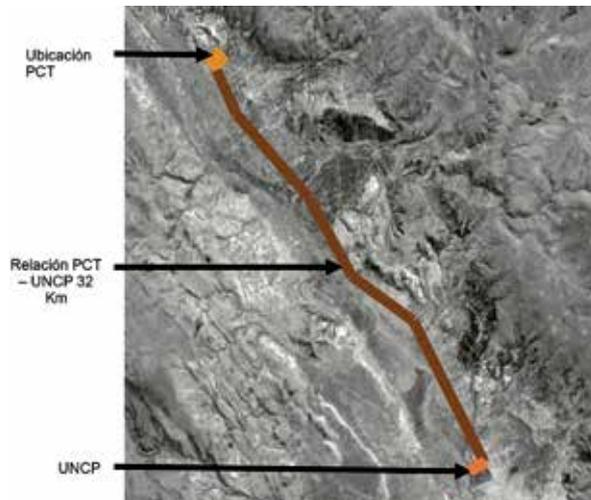
Radio de influencia



Este PCT al ser de tercera generación no solo comprenderá el crecimiento de El Mantaro, si no de la provincia y también de la región. Uno de las principales explicaciones que se ve es la cercanía en la relación entre este PCT con la Universidad Nacional del Centro del Perú, institución que será clave en el PCT.

**Figura 11**

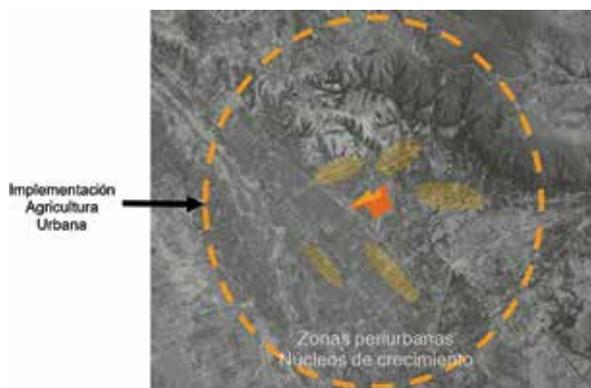
Relación PCT – UNCP



Los núcleos de crecimiento urbano, que hay entre ellos, será cada vez mayor, donde será viable la actividad de agricultura urbana en estas zonas.

**Figura 12**

Implementación agricultura Urbana



## Conclusiones

- El parque científico tecnológico de tercera generación busca principalmente incrementar la riqueza de la comunidad regional a través de la promoción en las áreas de la innovación y la competitividad de las empresas asociadas. Mediante su desarrollo, se pretende brindar transferencia de conocimiento que, promueva la incorporación del saber innovador a una cadena de valor, generando el retorno económico y su consiguiente auto-sostenibilidad, producto de las actividades de transferencia bio-tecnológi-

ca, que ahora están limitadas por restricciones operativas y por el poco incentivo hacia la transferencia de conocimientos respecto a sus unidades; además, de mostrar una naturaleza experimental de talante coyuntural y confiada a iniciativas voluntaristas.

- La importancia de la inteligencia territorial en el desarrollo del PCT se encuentra en la gestión del conocimiento y su capacidad para la obtención, organización y transformación sistemática de datos e información; fomenta un territorio orgánico y activo, concebido desde el lenguaje de la innovación.
- Se identifica que a través del prototipado *bootstrapping* se busca establecer la pertinencia de su aplicación en el PCT. Esto está reflejado no solo en el ámbito empresarial, sino holísticamente por medio de la triple hélice; es decir, universidad (UNCP), gobierno (Región Junín) y empresa (agroindustrias). El desarrollo del PCT depende en gran medida no solo de sus capacidades “puramente tecnológicas”, sino también de un conjunto de “capacidades sociales” reflejadas en una colectividad inteligente, definida y estructurada previamente.
- Se concluye que el prototipado *bootstrapping* tiene una estrecha relación con la sostenibilidad económica/tecnológica al utilizar un mínimo de recursos para lograr una eficiente transferencia bio-tecnológica en el PCT. Busca la mejora de la relación entre lo construido y el medio natural. La interacción de las tecnologías bio-alimentarias con los entornos naturales, leyendo adecuadamente el impacto social del diseño y volcadas a una construcción de naturaleza biofilicas, que hacen de esta un ente coherente, en sus matices de planificación.
- El prototipado *bootstrapping* y la adaptabilidad disruptiva incidirá de manera beneficiosa al desarrollo del parque científico tecnológico de tercera generación de la UNCP, dado que el lugar elegido geo-estratégicamente como punto inicial, está premunido de indicadores que son fruto de una bien cuidada escala de variables que responden a cuestiones de estrategias geo-referenciales contando con zonas de alta producción en recursos primarios, dada la vocación del lugar, que se encuentra inmersa, como eje nodal dentro de una red de universidades, institutos y potenciales MYPES agro-alimentarias, que expresan las condiciones mínimas para que el proyecto perviva en sus fases iniciales.

## Referencias bibliográficas

- Adán, C. (2012). *El ABC de los parques científicos*. Seminarios de la Fundación Española de Reumatología, 85-94.
- Agencia de Ecología Urbana de Barcelona. (2012). *Guía metodológica para los sistemas de auditoría, certificación o acreditación de la calidad y sostenibilidad en el medio urbano*. Barcelona: Centro de Publicaciones. Secretaría General Técnica Ministerio de Fomento.
- Alencar, P. et al. (2020). *Targeting economic development with science and technology parks and gateway cities: Schumpeterian possibilities of new developmental states in fostering local and global development*. Revista de Economía Política 40 (3), 2020.Brasil.
- Ambit, M. (23 de Julio de 2017). *Esencialblog*. Obtenido de <https://www.esencialblog.es/es/bootstrapping-o-como-no-perder-el-control-de-su-negocio-emprendedor/>.
- Arias, F. (2012). *El proyecto de investigación. Introducción a la metodología científica* (Sexta). Caracas: Editorial Episteme.
- Askeland, D. & Wright, W. (2016). *Ciencia e ingeniería de los materiales*. Séptima edición. CENGAGE Learning.
- Balog, M. (2019). *Effects of the slovak science parks and research centers*. Centre of Social and Psychological Sciences, Sas, Šancová 56, 811 05 Bratislava, Slovakia.
- Bernard, F.; Favret, E. & Carole, M. (2001). *Mejoramiento del Servicio de Información en Ciencias de la Alimentación: proyecto colaborativo entre el INTA de Argentina y el CRDA de Canadá*. Comuniica, 44-47.
- Berbegal, J. et al. (2019). *Mission statements and performance: An exploratory study of science parks*. Long Range Planning. Elsevier.
- Blázquez, P. et al. (2020) *Parques científicos y tecnológicos: una medición de su contribución a la sociedad a través de la contabilidad social*. CIRIEC-España, Revista de Economía Pública, Social y Cooperativa N° 100/2020, pp. 277-306.
- Bozo, N. (2016). *The methodical approach to assessing the effectiveness of science/technology park*. University (NSTU), Novosibirsk, Russia.
- Cendoya, M. (2014). *Evaluación de los parques científicos y tecnológicos en el Perú*. Lima: Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica - Concytec.
- Centeno, A. & Reis, T (2020). *Parque científico e tecnológico: contingências críticas determinantes na formação das relações interorganizacionais*. Revista Espacios, Vol. 41 (24) 2020.
- Comisión Europea. (18 de julio de 2014). *Urbanismo Verde*. Obtenido de Environment for Europeans: [https://ec.europa.eu/environment/efe/news/green-urbanism-2014-07-18\\_es?2nd-language=es](https://ec.europa.eu/environment/efe/news/green-urbanism-2014-07-18_es?2nd-language=es)
- Congreso de la República. (2017). *Ley 2168/2017-CR*.
- Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica. (2016). *Lineamientos Técnicos para el establecimiento de Parques Científicos Tecnológicos en el Perú*. Obtenido de <https://portal.concytec.gob.pe/images/publicaciones/Lineamientos-Parques-Científicos-y-Tecnológicos-en-el-Per.pdf>.
- Cruz, A. (2015). *Economía del conocimiento el gran reto*. Recuperado de HYPERLINK "[https://www.youtube.com/watch?time\\_continue=285&v=ky6aNq0Xf6k&feature=emb\\_title](https://www.youtube.com/watch?time_continue=285&v=ky6aNq0Xf6k&feature=emb_title)" [https://www.youtube.com/watch?time\\_continue=285&v=ky6aNq0Xf6k&feature=emb\\_title](https://www.youtube.com/watch?time_continue=285&v=ky6aNq0Xf6k&feature=emb_title)
- Cruz, O. M. (2017). *Innovación disruptiva: A portes conceptuales para organizaciones en latinoamérica*. Universidad Nacional de Colombia.
- Denning, P. (2017). *Remaining trouble spots with computational thinking*. Communications of the ACM, 33-39.
- Díaz, D. (2015). *La transferencia de conocimiento: generando mejor desempeño en la firma receptora*. Santiago de cali.
- Evangelista, S. et al. (2020). *Open innovation in science parks: The role of public policie*. Technological Forecasting & Social Change. Elsevier.
- Fen, Ch. et al. (2016). *Application and research on information management of agricultural science and technology park based on 3S technology*. School of Information Engineering Yunnan University Kunming, Yunnan Province, China.
- Friel, T. Vukotich, G. (2018). *The start-Up push*. A Guide for Developers, Directors and Residents Incubators, Accelerators, and Science Parks (NA). Information Age Publishing. 2018.
- Gang, H. & Peng, Y. (2017). *Safeguard measures for the development of agricultural science and technology parks*. Asian Agricultural Research 2017, 9 (7): 18-22.
- García, M. (2015). *Diseño para fabricación digital definición unívoca entre forma y fabricación digital*. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid.
- Gaudet, S. & Robert, D. (2018). *L'aventure de la recherche qualitative. Du questionnaire à la rédaction scientifique*. Les Presses de l'Université d'Ottawa.
- Gauzin-Müller, D. (2002). *Arquitectura ecológica*. Barcelona: Editorial Gustavo Gili.

- Giradot, J. (2010). *Inteligencia territorial y transición socio-ecológica*. Huelva, España: Trabajo 23.
- Gulay, B. (2015). "Sustainability" Education by Sustainable School Design. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 868-873.
- Guzmán, A. (2013). *Proposal of a model of territorial intelligence*. Santiago, Chile: Journal of Technology Management & Innovation. Obtenido de <https://www.jotmi.org/index.php/GT>.
- Han-Shen, Ch. (2015). *Using water footprints for examining the sustainable development of science parks*. OPEN ACCES Sustainability ISSN 2071-1050.
- Hernández, R., Fernández, C. & Baptista, M. (2014). *Metodología de la investigación* (6a). Mexico: Interamericana Editores S.A. International Association of Science Parks. (s.f.). *Definitions: How IASP defines our key terms*. Obtenido de IASP: <https://www.iasp.ws/our-industry/definitions>.
- Herrera-Marquez, J. (2015). *Parques científicos-tecnológicos y modelo triple-hélice. Situación del Caribe colombiano*. Entramado, Vol. II N° 2, 2015 (julio-Diciembre).
- Hobbs, K.G. et al (2018). *The regional economic impacts of university research and science parks*. Springer Science+Business Media, Llc, Part of Springer Nature
- Kantis, H. & Komori, M. (2002). *Empresarialidad en economías emergentes: Creación y desarrollo de nuevas empresas*. Washington: Banco Interamericano de Desarrollo, Departamento de Desarrollo Sostenible.
- Lecluyse, L. & Knockaert, M.(2020). *Disentangling satisfaction of tenants on science parks: A multiple case study in Belgium*. Technovation. Elsevier.
- Lee Kleinman, D. et al. (2014). *Controversies in Science & Technology*. Volume 4 from Sustainability to Surveillance. Oxford University Press.
- Lin, T.W. et al (2020). *Association between exposure to perfluoroalkyl substances and metabolic syndrome and related outcomes among older residents living near a Science Park in Taiwan*. International Journal of Hygiene and Environmental Heal.
- Löfsten, H. et al. (2020). *Science parks and talent attraction management: university students as a strategic resource for innovation and entrepreneurship*. En European Planning Studies & Routledge, Taylor & Francis Groups, UK.
- Lundvall, B. (1992). *National Systems of Innovation*. Londres: Pinter Publisher.
- Mediated Matter Group. (s.f.). *Designing for, with, and by nature*. Obtenido de Mit Media Lab: <https://www.media.mit.edu/groups/mediated-matter/overview/>.
- Morón, R. (11 de agosto de 2020). *Ecology material" de Neri Oxman*. Obtenido de Pro Materia: <https://tlmagazine.com/neri-oxmans-material-ecology/>
- Naresh, M. (2004). *Investigación de mercados. Un enfoque aplicado*. Cuarta Edición. Pearson Education.
- Nokama, I., & Takeuchi, H. (1995). *The knowledge-creating company. How Japanese companies create the dynamics of innovation*. New York: Oxford University Press.
- Núñez, M. A., & Larretape, G. (2016). *Bootstrapping: Emprender con lo nuestro*. Luján: RED Sociales.
- Ordoñez, C. V. (2007). *Investigación, desarrollo y transferencia del conocimiento. Un programa de interés institucional e interinstitucional*. Universidad Católica de Colombia.
- Organización de las Naciones Unidas. (1987). *Informe Brundland*. Nueva York.
- Pang, Sh. et al. (2020). *Synergy effect of science and technology policies on innovation: Evidence from China*. Ming Zhang, China University of Mining and Technology, China.
- Patiño, C. (12 de Noviembre de 2018). *Clarke Modet*. Obtenido de <https://www.clarkemodet.com/faq-items/que-es-un-observatorio-tecnologico/>.
- Powell, J. & Dusdal, J. (2017) *Science production in Germany, France, Belgium, and Luxembourg: Comparing the contributions of research universities and institutes to science, technology, engineering, mathematics, and health*. Institute of Education and Society, University of Luxembourg, 11, Porte des Sciences, 4366 Esch-sur-Alzette.
- Prat, J. (s.f.). *Madera y construcción*. Obtenido de <https://maderayconstruccion.com/author/jaume-prat/>.
- Rao, J. & Y-jie, L. *Study on current situation and developing countermeasures of Jiangxi Agricultural Science and Technology Park*. College of Economics and Trade Nanchang Institute of Technology Nanchang, China.
- Ribeiro, J. et al. (2016). *A framework for the strategic management of science & technology parks*. J. Technol. Manag. Innov. 2016. Volume 11, Issue 4.
- Rodríguez, A. (2007). *Transferencia de conocimiento en relaciones inter-organizacionales: su efecto sobre el desempeño de la firma receptora*. Redalyc.org.
- Rojas, J. (Abril de 2016). *Desarrollo de un Prototipo Funcional para la aplicación Móvil Q-Bus para la plataforma IOS que brinde información de la rutas de transporte público en la ciudad de Quito utilizando Bluetooth*

- low energy, códigos QR y geoposicionamiento*. Trabajo previo a la obtención del título de ingeniero en informática y ciencias de la computación. Quito: Universidad Tecnológica Equinoccial.
- Rojas, S.; Solano, S.; Camayo, K.; Vicente, W. & Mejía, C. (2019). *Innovación Disruptiva: Generación de una encuesta para la medición del potencial y nivel según las características de las empresas exportadoras en 5 departamentos del Perú*. Espacios, 27.
- Saavedra, J. G. (2016). *Adaptabilidad disruptiva: Un caso práctico en una organización de desarrollo de productos*. 39.
- Segura, J. (2019). *Estrategafinanciero*. Obtenido de <https://estrategafinanciero.com/bootstrapping-que-es/>.
- Shen, Q. et al. (2020). *Theoretical explanation of the university science park's operation mechanism based on the game theory and the calculation of optimal cooperation strategy*. Journal of Coastal Research, Special Issue NO. 104, PP. 622–627.
- Shujing, Z. et al. (2021). *Have FDI quantity and quality promoted the low-carbon development of science and technology parks (STPs)? The threshold effect of knowledge accumulation*. Editor: Ming Zhang, China University of Mining and Technology, CHINA
- Sierra, R. (2001). *Técnicas de investigación social*. Teoría y ejercicios. Madrid: Paraninfo S.A.
- Soenarso, W. N. (2013). *Development of science and technology park (STP) in Indonesia to support innovation-based regional economy: Concept and early stage development*. World Technopolis Review, 32-42.
- Spain Green Building Council. (s.f.). *LEED v4*. Obtenido de Spain Green Building Council - Consejo Construcción Verde España: <http://www.spain-gbc.org/web/leed-4.php>.
- Spain Green Building Council. (2014). *LEED v4 para Diseño y Construcción de Edificios*. Madrid.
- Spain Green Building Council. (s.f.). *Visión general de la guía de referencia para diseño y construcción de edificios*. Madrid.
- Steruska, J. et al (2018). *Do science and technology parks improve technology transfer?* Technology in Society, Elsevier, 2019.
- Torres, S. et al. (2017). *Parques tecnológicos como emprendimientos inmobiliarios en Latinoamérica*. Contextus Revista Contemporânea de Economia e Gestão. Vol 15 – N° 1 – jan/abr 2017.
- U.S. Green Building Council. (2010). *Green Building And Leed Core Concepts Guide*. Second Edition. Washington.
- UNE, N. (30 de Agosto de 2019). *Wikipedia*. Obtenido de [https://es.wikipedia.org/wiki/Vigilancia\\_tecnol%C3%B3gica](https://es.wikipedia.org/wiki/Vigilancia_tecnol%C3%B3gica)
- United Nations Conference on Trade and Development. (2019). *Synthetic biology and its potential implications for biotrade and access and benefit-sharing*. Unctad.
- Valiev, A. et al (2017). *Agro-bio-techno park as an innovative factor of increasing competitiveness of agriculture under global challenges*. in Proceedings of the 8Th International Scientific Conference Development 2017.
- Wei Keat, B. (2020). *Perceptual measures of science parks: Tenant firms' associations between science park attributes and benefits*. Technological Forecasting & Social Change. Elsevier 2020.
- Weizhong, L. et al (2019). *Status quo and countermeasures of sustainable development for Zhenjiang Wanshan Hongbian modern agricultural science park*. Asian Agricultural Research 2019, 11(10):24-26.
- Weizhong, L. et al. (2019). *Research progress on the development of modern agricultural science and technology park*. Asian Agricultural Research 2019, 11(9):79-81, 84.
- Xie, M. et al. (2020). *Whom do urban agriculture parks provide landscape services to and how? A case study of Beijing, China*. MDPI/Journal/Sustainability.china.
- Yan, M.R. et al. (2020). *Evaluation of technological innovations and the industrial ecosystem of science parks in Shanghai: An empirical study*. Science, Technology & Society (2020): 1–23, Sage Publications, Los Angeles/London/New Delhi/Singapore/Washington Dc/Melbourne.
- Yichuan, B. (2017). *Analysis of modern agricultural science and technology park planning based on plant experience. A case study of Jixi Agricultural Science and Technology Park in Yunnan Province*. Asian Agricultural Research 2017, 18(1):72-78.
- Yishui, T. (2019). **基于能值分析的农业园区循环经济发展评价研究**. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, Vol.35 No.4, Feb. 2019.
- Zapolskyté, S. et al. (2020). *Assessment of sustainable mobility by MCDM methods in the science and Technology Parks of Vilnius, Lithuania*. Sustainability, MDPI. Canada.
- Zhang, Y. et al. (2014). *Eco-agriculture demonstration park planning. A case study Qi River Ecological Agriculture Park, Hebi, China*. Nature Environment and Pollution Technology, Vol. 13, N° 4, pp. 795-800, 2014.



# Trabajabilidad del concreto con mezclas embolsadas y su influencia en la resistencia

## Workability of concrete with bagged mixtures and its influence on strength

Richard Hugo Reymundo Gamarra<sup>1</sup>, Sunlii K. Caller Pariona<sup>2</sup>

E-mail: rreymundo@uncp.edu.pe / e\_2013100232@uncp.edu.pe

### Cómo citar

Reymundo Gamarra, R.H. & Caller Pariona, S. K. (2020). *Trabajabilidad del concreto con mezclas embolsadas y su influencia en la resistencia*. *Prospectiva Universitaria, Revista de la UNCP*. 17(1), 25-30. <https://doi.org/10.26490/uncp.prospectivauniversitaria.2020.17.1386>

### Resumen

Nuevas tecnologías que permitan elevar la velocidad de construcción y durabilidad del concreto aparecen cada día y las dificultades de su uso son mayores, de aquí la necesidad de recurrir a un concreto con capacidad de ser preparado en seco. Investigaciones preliminares certifican ventajas frente al concreto convencional en situaciones adversas como la lejanía y desabastecimiento de agregados.

En esta investigación, a fin de mejorar las propiedades del concreto embolsado UNICON y TOPEX, se ha variado la cantidad de agua por bolsa de concreto con el propósito de obtener una adecuada trabajabilidad, sin perjudicar la resistencia a compresión. La información obtenida podrá ser utilizada para elevar la productividad en la construcción de edificaciones.

La investigación fue experimental, se elaboró testigos de 4" y 8" para determinar la resistencia a la compresión (3, 7 y 28 días) y la trabajabilidad a través de su consistencia; para ello, se trabajó con dosis de agua diferentes: 3.5, 4.0, 4.5, 5.0 y 5.5 l/ bolsa. Se obtuvo, para 28 días, una resistencia de concreto 210 kg/cm<sup>2</sup> con 4.99 l/bolsa y asentamiento 7.19" para UNICON y con 4.41 l/bolsa y asentamiento 7.15" para TOPEX; una resistencia de concreto 175 kg/cm<sup>2</sup> con 5.25 l/bolsa y asentamiento 7.6" para UNICON y con 4.85 l/bolsa y asentamiento 8.1" para TOPEX; una resistencia de concreto 140 kg/cm<sup>2</sup> con 5.55 l/bolsa y asentamiento 8" para UNICON y con 5.2 l/bolsa y asentamiento 8.3" para TOPEX. Concluyendo que, a mayor cantidad de agua, mayor trabajabilidad, ligera segregación y menor resistencia a compresión.

**Palabras Clave:** mezcla embolsada, trabajabilidad del concreto, resistencia a compresión, premezclado, tecnología de la construcción

### Abstract

New technologies allowing to increase the construction speed and durability of concrete appear every day and the difficulties of their use are greater, hence the need to resort to a concrete capable to be dry prepared. Preliminary researchs certify advantages over conventional concrete in adverse situations such as remoteness and shortage of aggregates.

In this research, in order to improve the properties of UNICON and TOPEX bagged concrete, the amount of water per bag of concrete has been varied in order to obtain adequate workability without impairing compressive strength. The obtained information can be used to increase productivity in building construction.

The research was experimental, 4" and 8" witnesses were prepared to determine the resistance to compression (3, 7 and 28 days) and workability through its consistency; for this, different doses of water were used: 3.5, 4.0, 4.5, 5.0 and 5.5 l/bag. A concrete resistance 210 kg/cm<sup>2</sup> was obtained for 28 days with 4.99 l/bag and settlement 7.19" for UNICON and with 4.41 l/bag and settlement 7.15" for TOPEX; a concrete resistance 175 kg/cm<sup>2</sup> with 5.25 l/bag and settlement 7.6" for UNICON and with 4.85 l/bag and settlement 8.1" for TOPEX; a concrete resistance 140 kg/cm<sup>2</sup> with 5.55 l/bag and 8" settlement for UNICON and with 5.2 l/bag and 8.3" settlement for TOPEX. It is concluded that, the greater the amount of water, the greater the workability, the slight segregation and the lower resistance to compression.

**Keywords:** bagging mix, workability, compressive strength, ready-mixed, construction technology

<sup>1</sup>Docente de la Facultad de Ingeniería Civil - UNCP / <sup>2</sup>Investigador externo

## Introducción

En la región central del Perú, para la construcción de obras civiles, el material más usado es el concreto utilizando agregados de cantera de río y de cerro, así como los cementos existentes en la zona; sin embargo, en la mayoría de las obras, son pocos los controles de calidad que reciben los materiales y ello puede afectar negativamente la resistencia y durabilidad del concreto. Además, tras la escasez de insumos, los proveedores buscan agregados en canteras nuevas para explotar y satisfacer las demandas de las obras. Asimismo, en las obras en ejecución existe mucha pérdida de insumos de mano de obra y materiales por la mala planificación y programación de obra (Galarza Meza, 2011).

En el mismo campo, el concreto seco embolsado es un producto novedoso y con gran potencial de ventas en el mercado del sector construcción, debido a la simplicidad de su empleo, sencillez de preparación y versatilidad de colocación.

El concreto seco embolsado, es una mezcla seca y homogénea, compuesta por cemento, piedra y arena, con humedad de estos componentes por debajo de la del cemento, para evitar que reaccionen y alargar el tiempo de vida del producto (Nishihara, 2013). Los componentes del concreto seco son los mismos que los utilizados tradicionalmente en obra: componente activo (cemento) y componente inerte (agregados). Los cuales permiten elaborar concretos estructurales con la adición de agua en cantidad requerida.

La cantidad de agua utilizada por bolsa de mezcla seca embolsada, influye en la fluidez de la mezcla y, por tanto, su trabajabilidad, así como su resistencia a compresión. La cantidad de agua para el amasado, es señalada en el embolsado.

La investigación usó las mezclas secas embolsadas UNICON y TOPEX, como alternativa de solución al aumento en la velocidad de construcción en la región. Esto conlleva a usar materiales más económicos y disponibles para el uso en obra, siendo necesario tener resultados respecto a la trabajabilidad según elemento estructural y su influencia en la resistencia. En respuesta, se adaptará la trabajabilidad para que la mezcla de concreto sea más fluida.

## Materiales y métodos

### Desarrollo

#### Localización

La investigación es de diseño experimental y de tipo descriptivo, se realizó en el laboratorio de investigación de concreto de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional del Centro del Perú.

## Metodología

El método empleado siguió las normas técnicas nacionales e internacionales pertinentes para cada variable.

- Especificaciones del concreto embolsado: Materiales secos y combinados para mortero y hormigón (norma ASTM C387).

Para la medida de la trabajabilidad de la mezcla, se determinó la gradación y proporción de los agregados:

- Caracterización de agregados: Usando una serie de tamices, se gradaron los insumos de la mezcla seca embolsada UNICON y TOPEX, a fin de realizar los ensayos oportunos de acuerdo a las normas nacionales e internacionales a los agregados.
  - o Granulometría agregado fino, grueso (norma NTP 400.012 y ASTM C136)
  - o Tamaño máx. nominal (norma NTP400.037 y ASTM C 33)
  - o Peso unitario suelto (PUS) (norma NTP 400.017 y ASTM C29/C29M)
  - o Peso unitario compactado (PUC) (norma NTP 400.017 y ASTM C29/C29M)
  - o Peso específico y porcentaje de absorción agregado fino (norma NTP 400.022 y ASTM C128)
  - o Peso específico y porcentaje de absorción agregado grueso (norma NTP 400.021 y ASTM C127)
  - o Módulo de finura (norma NTP 400.012 y ASTM C136)

Después de comprobarse la calidad de los materiales, se ensayaron sus características mecánicas de trabajabilidad y resistencia a la compresión del concreto.

Para una población de 8 m<sup>3</sup> (un mixer), se usaron dos bolsas de mezcla secas embolsada de UNICON y TOPEX como muestra, cada bolsa de 0.019 m<sup>3</sup> (40 kg de peso). De las muestras se obtuvo la consistencia para medir la trabajabilidad y se elaboraron testigos cuatro por ocho pulgadas para medir la resistencia del concreto.

Las cantidades de agua fueron definidas en base a la dosis recomendada en los empaques. Para la investigación se elaboró mezclas de concreto con cinco (5) dosis de agua de 3.5, 4.0, 4.5, 5.0 y 5.5 litros por bolsa. Se utilizó agua potable, con una mezcladora de concreto y realizados en el laboratorio de investigación.

- Concreto estado fresco: Asentamiento del concreto (norma NTP 339.035 y ASTM C143M)

- Concreto estado endurecido: Resistencia a la compresión del concreto (norma NTP 339.034 y ASTM C39)

**Análisis estadístico**

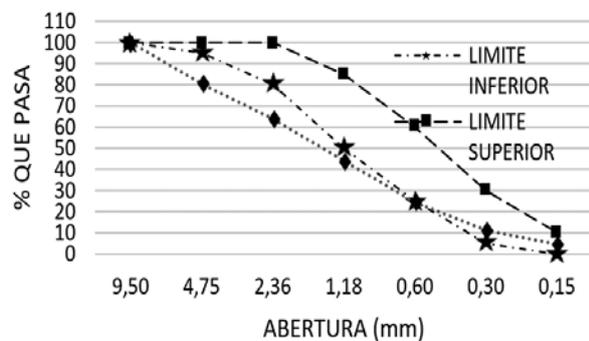
Se estableció la normalidad según Shapiro Wilk, correlación de Pearson (si la distribución era normal) o correlación Rho de Spearman (si era anormal) entre las variables en estudio y ecuaciones de regresión lineal simple, dada la naturaleza del problema empleando el software SPSS Statistics 25.

**Resultados**

Según la NTP 400.012 y ASTM C136 el módulo de finura del agregado fino debe estar entre 2.5 a 3.10. Se obtuvo para la mezcla seca embolsada UNICON un módulo de finura 3.71, por encima del rango permisible. Mientras que para TOPEX 3.14, ligeramente fuera del intervalo, ver Figura 1 y Figura 2. La curva granulométrica del agregado grueso de UNICON y TOPEX se encontró dentro del huso 6.

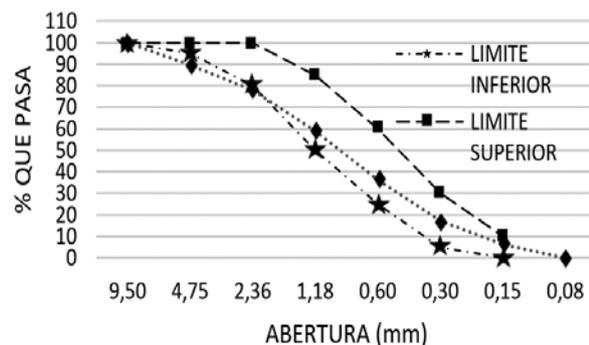
**Figura 1**

Curva granulométrica 80 % fuera del HUSO C del agregado fino CONCRETO UNICON. Esta gradación influye en el módulo de finura del agregado.



**Figura 2**

Curva granulométrica 30 % fuera del HUSO C del Agregado Fino CONCRETO TOPEX



La Tabla 1, muestra la trabajabilidad del concreto a través de la consistencia y estos son medidos por medio del asentamiento del concreto, para lo cual se usó 5 dosis de agua, de 3.5 l/bl. hasta 5.5 l/bl.

**Tabla 1**

Asentamientos de concreto UNICON a diferentes dosis de agua

Agua L/bolsa	Slump cm	Slump pulg
3.5	1	0.39
4	5.25	2.07
4.5	15.75	6.2
5	18.25	7.19
5.5	20.25	7.97

En la Tabla 2, muestra los resultados del asentamiento del concreto TOPEX respecto a la variación del agua, observando el mismo comportamiento anterior.

**Tabla 2**

Asentamientos de concreto TOPEX a diferentes dosis de agua

Agua L/bolsa	Slump cm	Slump pulg
3.5	3.18	1.25
4	8.89	3.5
4.5	19.69	7.75
5	20.96	8.25
5.5	22.23	8.75

Del ensayo realizado a la mezcla seca embolsada UNICON, la correlación de Rho de Spearman entre la trabajabilidad y la cantidad de agua por bolsa fue 0.989 (correlación positiva alta). Aplicando el método de regresión lineal para predecir la trabajabilidad en función a la cantidad de agua, se obtuvo la fórmula 1:

$$Y = 43.3 + 17.67X - 1.51x^2 \dots(1)$$

Donde:

X: litros de agua por bolsa

Y: trabajabilidad en slump

En tanto, para la mezcla seca embolsada TOPEX, la correlación de Rho de Spearman entre la trabajabilidad y la cantidad de agua por bolsa fue 0.973 (correlación positiva muy alta). Aplicando el método de regresión lineal para predecir la trabajabilidad en función a la cantidad de agua, se obtuvo la fórmula 2:

$$Y = 48.47 + 20.75X - 1.88x^2 \dots(2)$$

Donde:

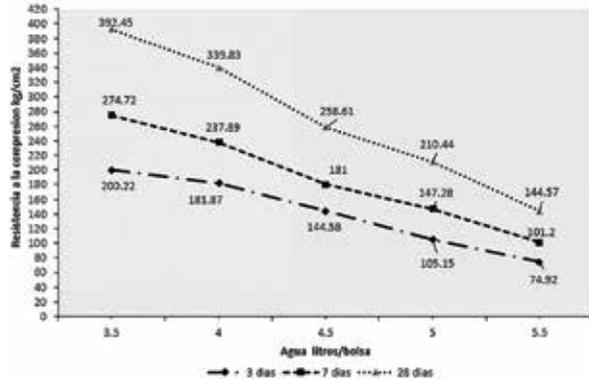
X: litros de agua por bolsa

Y: trabajabilidad en slump

En cuanto a las propiedades en estado endurecido se midió la resistencia del concreto a 3 días, 7 días y 28 días. Esto se puede apreciar en la Figura 3 para el caso de UNICON y Figura 4 en TOPEX.

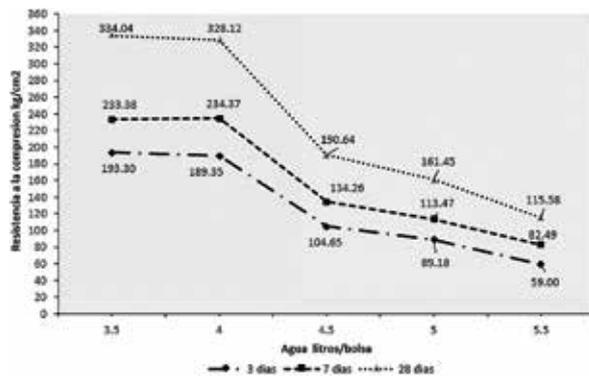
**Figura 3**

Resistencia a la Compresión 3, 7 y 28 días UNICON. La resistencia a la compresión disminuye a mayor dosis de agua por bolsa de mezcla seca ya sea a 3, 7 y 28 días; es decir, la relación entre la dosis de agua y la resistencia a compresión no cambia en el tiempo.



**Figura 4**

Resistencia a la compresión 3 días, 7 días y 28 días TOPEX. La resistencia a la compresión al igual que es caso anterior, disminuye a mayor dosis de agua por bolsa de mezcla seca ya sea a 3 días, 7 días y 28 días.



Del ensayo realizado a la mezcla seca embolsada UNICON, la correlación de Pearson entre la resistencia a compresión y la cantidad de agua por bolsa fue 0.735 (correlación negativa alta). Aplicando el método de regresión lineal para predecir la resistencia en función a la cantidad de agua, se obtuvo la fórmula 3:

$$Y = 584.19 - 83.4X \dots (3)$$

Donde:

X: litros de agua por bolsa

Y: resistencia a la compresión kg/cm<sup>2</sup>

Para la mezcla seca embolsada TOPEX, la correlación de Pearson entre la resistencia a compresión y la cantidad de agua por bolsa es de -0.790 (correlación negativa alta). Aplicando el método de regresión lineal para predecir la resistencia en función a la cantidad de agua, se obtuvo la fórmula 4:

$$Y = 586.95 - 90.6X \dots (4)$$

Donde:

X: litros de agua por bolsa

Y: resistencia a la compresión kg/cm<sup>2</sup>

### Discusión

Para obtener la misma trabajabilidad, UNICON necesita más agua y TOPEX menos como resultado del módulo de finura que esta fuera del rango permitido.

En el análisis de la trabajabilidad del concreto a través de la consistencia, se encontró que al disminuir la cantidad de agua recomendada en el empaque (3.5 y 4 litros/bolsa) se obtendrán asentamientos no trabajables, mientras que, si se incrementa la cantidad de agua recomendada, incrementa el asentamiento y ligeramente la segregación, tanto para las mezclas secas embolsadas de UNICON y TOPEX. (Ver tablas 1 y 2). Esto en concordancia con la investigación de Rojas (2010). Estos resultados permitirán elegir la dosis de agua óptima para cada trabajabilidad requerida según el elemento estructural para el que se desee usar la mezcla.

Para el análisis estadístico de muestras menores a 50, se determinó la normalidad de las variables cantidad de agua y trabajabilidad del concreto según Shapiro Wilk, resultando en que, tanto para UNICON como TOPEX, es anormal. Aplicando el método de regresión lineal, se obtuvo una ecuación cuadrática, que establece que, a mayor cantidad de agua, mayor es la trabajabilidad. La ecuación obtenida nos permitirá predecir la trabajabilidad de la mezcla en función del agua añadida por bolsa con una confiabilidad del 98 % para UNICON y 95 % para TOPEX.

Como resultado, de la medición de la resistencia del concreto a 3 días, 7 días y 28 días, se determinó que, para alcanzar las máximas resistencias, la cantidad de agua añadida debe ser la recomendada por el producto, tanto para las mezclas secas embolsadas de UNICON y TOPEX. (Ver tablas 3 y 4). Esto en concordancia con la investigación de Rojas (2010). En las figuras 3 y 4, se pueden ver la variación de resistencia a compresión respecto a la cantidad de agua añadida. Esta data se usó para el análisis estadístico que permitió determinar una ecuación para predecir las resistencias a compresión respecto a la cantidad de agua.

**Tabla 3**

Resistencias a la compresión a 28 días, asentamientos vrs dosis de agua, según la especificación de mezclas secas embolsadas TOPEX y resultados de investigación.

MEZCLAS SECAS EMBOLSADAS TOPEX - ESPECIFICACIÓN				
Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	210	175	175	175
Huso/tamaño de piedras (pulgadas)	6/3/4"	6/3/4"	7 u 8/ 1/2"	7 u 8/ 1/2"
Slump/asentamiento (pulgadas)	3" @ 4"	3" @ 4"	3" @ 4"	8" @ 10"
Agua (litros*bolsa)	4.0@4.5	4.0@4.5	4.5@5.0	5.3@5.8
MEZCLAS SECAS EMBOLSADAS TOPEX - INVESTIGACIÓN				
Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	140	175	210	245
Huso/tamaño de piedras (pulgadas)	6/3/4"	6/3/4"	6/3/4"	6/3/4"
Slump/asentamiento (pulgadas)	8 1/2"	8"	7 1/4"	6"
Agua (litros*bolsa)	5.2	4.85	4.41	4.3

**Tabla 4**

Resistencias a la compresión a 28 días, asentamientos vrs dosis de agua, según la especificación de mezclas secas embolsadas UNICON y resultados de investigación.

MEZCLAS SECAS EMBOLSADAS UNICON - ESPECIFICACIÓN				
Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	210	175	175	175
Huso/tamaño de piedras (pulgadas)	67/3/4"	67/3/4"	7 u 8/ 1/2"	7 u 8/ 1/2"
Slump/asentamiento (pulgadas)	3" @ 4"	3" @ 4"	3" @ 4"	8" @ 10"
Agua (litros*bolsa)	4.0@4.5	4.0@4.5	4.5@5.0	5.3@5.8

MEZCLAS SECAS EMBOLSADAS UNICON - INVESTIGACIÓN				
Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )	140	175	210	245
Huso/tamaño de piedras (pulgadas)	6/3/4"	6/3/4"	6/3/4"	6/3/4"
Slump/asentamiento (pulgadas)	8"	7 1/2"	7 1/4"	6 1/2"
Agua (litros*bolsa)	5.55	5.25	4.99	4.66

Para el análisis estadístico de muestras menores a 50, se determinó la normalidad de las variables cantidad de agua y resistencia a la compresión del concreto según Shapiro Wilk, resultando en que, tanto para UNICON como TOPEX, es normal. Aplicando el método de regresión lineal, se obtuvo una ecuación lineal, que establece que, a mayor cantidad de agua, menor es la resistencia a la compresión del concreto. La ecuación obtenida permitirá predecir la resistencia a la compresión del concreto en función del agua añadida por bolsa con una confiabilidad del 54 % para UNICON y 62 % para TOPEX.

## Conclusiones

- La medición del módulo de finura y su influencia en la demanda de agua se realizó de acuerdo a la norma NTP 400.012, ASTM C136, norma NTP 339.035 y ASTM C143M, respectivamente. Se determinó que mayor módulo de finura implica menos trabajabilidad y por ende mayor agua.
- Se determinó la trabajabilidad del concreto para las 5 dosis de agua, de 3.5 l/bl. hasta 5.5 l/bl, con el objetivo de hallar una función que permita predecir la trabajabilidad de la mezcla seca embolsada UNICON y TOPEX. La metodología empleada sigue la norma NTP 339.035 y ASTM C143M.
- La ecuación de la trabajabilidad en función de la cantidad de agua para la mezcla seca embolsada UNICON y TOPEX determinó la aplicación del método de regresión lineal. Obteniendo la ecuación (a) para UNICON y la ecuación (b) para TOPEX.
- Se determinó la resistencia del concreto a 3 días, 7 días y 28 días para las 5 dosis de agua, de 3.5 l/bl. hasta 5.5 l/bl, con el objetivo de hallar

una función que permita predecir la resistencia del concreto de la mezcla seca embolsada UNICON y TOPEX. La metodología empleada sigue la norma NTP 339.034 y ASTM C39.

- La ecuación de la resistencia del concreto en función de la cantidad de agua para la mezcla seca embolsada UNICON y TOPEX determinó la aplicación del método de regresión lineal. Obteniendo la ecuación (c) para UNICON y la ecuación (d) para TOPEX.

## Referencias bibliográficas

- Arana, M. & Chinchayán, C. (2012). *Estudio de prefabricabilidad para la implementación de una planta procesadora y comercializadora de concreto seco embolsado para la empresa DINO S.R.L.* Universidad Privada del Norte, Trujillo.
- ASTM C127 (2001). *Standard Test Method for Density, Relative Density (Specific Gravity), and Absorption of Coarse Aggregate.*
- ASTM C128 (2003). *Standard Test Method for Density, Relative Density (Specific Gravity), and Absorption of Fine Aggregate.*
- ASTM C136 (2001). *Standard test method for sieve analysis of fine and coarse aggregates.*
- ASTM C143 (2000). *Standard test method for slump of hydraulic-cement concrete.*
- ASTM C143M (2003). *Standard test method for slump of hydraulic-cement concrete.*
- ASTM C29/C29M (2003). *Standard test method for bulk density ("Unit Weight") and voids in aggregate.*
- ASTM C33 (2003). *Standard specification for concrete aggregates.*
- ASTM C39M (2003). *Standard test method for compressive strength of cylindrical concrete specimens I.*
- Flores, L. (2017). *Evaluación de la calidad fisicoquímica y microbiológica del agua potable para consumo humano en los distritos de El Tambo, Huancayo y Chilca en el año 2014.* UNCP, Huancayo.
- Galarza, M. (2011). *Desperdicio de materiales en obras de construcción civil: métodos de medición y control.* Pontificia universidad católica del Perú, Lima.
- Guevara, G.; Hidalgo, C.; Pizarro, M.; Rodríguez, I.; Rojas, L. & Segura, G. (2011). Efecto de la variación agua/cemento en el concreto. *Revista Tecnología en Marcha.* Vol. 25, N° 2, Costa Rica.
- Morillas, M. & Plasencia, D. (2018). *Características mecánicas de un concreto premezclado en seco "concre-*

- to rápido"  $f^c = 210 \text{ kg/cm}^2$  y su costo comparativo. Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo.
- Nishihara, J. (2013). *Mezclas secas pre-dosificadas para preparación de concretos estructurales*. Obtenido de [http://continental.edu.pe/emprendimiento/wp-content/uploads/2013/08/proyecto23\\_concreto\\_estructural.pdf](http://continental.edu.pe/emprendimiento/wp-content/uploads/2013/08/proyecto23_concreto_estructural.pdf)
- NTP 339.034. (2008). *Concreto: Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas*. INDECOPI, Lima.
- NTP 339.035. (2009). *Concreto: Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto de cemento Portland*. INDECOPI, Lima.
- NTP 339.088. (2006). *Concreto: Agua de mezcla utilizada en la producción de concreto de cemento Portland. Requisitos*. INDECOPI, Lima.
- NTP 339.114. (2012). *Concreto: Concreto premezclado*. INDECOPI, Lima.
- NTP 400.012. (2013). *Agregados: Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global*. INACAL, Lima.
- NTP 400.017. (2011). *Agregados: Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad ("Peso Unitario") y los vacíos en los agregados*. INDECOPI, Lima.
- NTP 400.021. (2002). *Agregados: Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado grueso*. INDECOPI, Lima.
- NTP 400.022. (2013). *Agregados: Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino*. INDECOPI, Lima.
- NTP 400.037. (2014). *Agregados: Especificaciones normalizadas para agregados en concreto*. INDECOPI, Lima.
- Pasquel, E. (1993). *Tópicos de tecnología de concreto en el Perú*. Colegio de Ingenieros del Perú, Lima.
- Rivva, E. (2000). *Naturaleza y materiales del concreto*. Capítulo peruano ACI, Lima.
- Rojas, K. (2010). *Análisis comparativo del comportamiento del concreto seco en condiciones producidas y recomendadas*. Universidad Nacional de Ingeniería, Lima.
- Sabino, C. (2002). *El proceso de investigación*. Panapo, Venezuela.



## Influencia del proceso de fermentación del café (*Coffea arabica*) en la durabilidad del concreto en laboratorio, Satipo – 2018

### Influence of the coffee fermentation process (*Coffea arabica*) on the durability of concrete in laboratory, Satipo - 2018

Andrés Camargo Caysahuana<sup>1</sup>, Javier Hugo Contreras Rodríguez<sup>1</sup>

E-mail: [acamargo@uncp.edu.pe](mailto:acamargo@uncp.edu.pe) / [jcontreras@uncp.edu.pe](mailto:jcontreras@uncp.edu.pe)

#### Cómo citar

Camargo Caysahuana, A. & Contreras Rodríguez, J. H. (2020). *Influencia del proceso de fermentación del café (Coffea arabica) en la durabilidad del concreto en laboratorio, Satipo – 2018*. *Prospectiva Universitaria, Revista de la UNCP*. 17(1), 31-40. <https://doi.org/10.26490/uncp.prospectivauniversitaria.2020.17.1395>

#### Resumen

La investigación formuló el problema con la siguiente pregunta: ¿De qué manera influye el proceso de fermentación del café (*Coffea arabica*) en la durabilidad del concreto, en una finca Cafétera, Satipo, 2018? y cuyo objetivo general fue determinar la influencia del proceso de fermentación del café (*Coffea arabica*) en la durabilidad del concreto, en una finca Cafétera, Satipo - 2018. En el trabajo se utilizó cemento portland con un diseño de f'c 210 kg/cm<sup>2</sup>, se construyeron probetas a los cuales se han insertados en baldes con café despulpado. Como resultados se logró la fermentación en un plazo de 7 días, el pH varió desde 3.5 hasta 4.5 en los primeros 4 días para producir 6 litros de mucílago por cada 100 kg que afecta directamente al concreto. El análisis se realizó en probetas insertados en baldes con café despulpados. De los cuales se logró evaluar el deterioro del concreto a través del tiempo en cada unidad de análisis. De los cuales se presenta la curva de acidez. Se concluye que el carbonato de calcio influye significativamente en las primeras 20 horas y la fermentación es más rápida en las primeras 22 horas. Se recomienda seguir con las investigaciones y diseñar fermentadores con losa y otros materiales que permitan prolongar la vida útil del concreto y generar más rentabilidad en la producción de café.

**Palabras clave:** fermentación del café, durabilidad del concreto, carbonato de calcio

#### Abstract

The research will formulate the problem with the following question: How does the coffee (*Coffea arabica*) fermentation process influence the durability of concrete on the durability of concrete, in a coffee farm, Satipo, 2018. And whose objective was to determine the influence of the coffee (*Coffea arabica*) fermentation process on the durability of concrete in a coffee farm, Satipo-2018. This research used Portland cement with a design of f'c 210 kg/cm<sup>2</sup>. In which, test tubes were built and inserted into buckets with pulped coffee. As a result, fermentation was reached within 7 days, the pH changed from 3.5 to 4.5 in the first 4 days to produce 6 liters of mucilage for each 100 kg that directly affects the concrete. The analysis of concrete deterioration could be evaluated on test tubes inserted in pulped coffee buckets. Deterioration of concrete over time could be evaluated in each unit of analysis. From which the acidity curve is presented. It is concluded that calcium carbonate influences significantly in the first 20 hours and fermentation is faster in the first 22 hours. It is recommended to continue with the research and to design fermenters with slab and other materials that let to extend the useful life of the concrete and generate more profitability in the coffee production.

**Keywords:** fermentation of coffee, durability of concrete, calcium carbonate

<sup>1</sup>Docentes de la Facultad de Ciencias Agrarias

## Introducción

La actividad principal en la provincia de Satipo es la agricultura (el café y cacao), según la memoria anual de Satipo 2016, la tasa de crecimiento es de 3.12 % anual, con una producción de café de 15 542 Tm, en una extensión de 58 805 hectáreas hasta el año 2015, de los cuales Río Negro participa el 14.44 %. Así mismo, el cultivo de café con una producción de 7 459 Tm, en una extensión de 18 271 hectáreas hasta el 2012. (Agencia Agraria Satipo – Ministerio de Agricultura – julio 2012).

Es el producto bandera de la provincia de Satipo, el cultivo del café, siendo sembrada, cultivada y cosechada. Cuyo proceso de beneficio significa el desgrane, fermentación y secado.

Los cafeteros, para el proceso de fermentación, diseñan fermentadores de concreto armado, en las cuales depositan por un periodo de 7 a 8 días (Augstburger et al., 2000), los cuales son afectados a través del tiempo, generando deterioro al concreto.

La investigación pretende explicar la influencia del deterioro del concreto en su durabilidad con los componentes químicos del mucílago del café.

Características del café (*Coffea arábica*). Es un arbusto de 2 a 3 m de altura, que crece en ambientes tropicales y pertenece a la familia Sterculiaceae. El fruto de café es de tamaño, forma y color variable, la pared es dura y gruesa. Las semillas están rodeadas por una pulpa aromática la cual procede de sus tegumentos. La pulpa mucilaginoso está compuesta por células esponjosas parenquimatosas, que contienen células de savia ricas en azúcares (10-13 %), pentosas (2-3 %), ácido cítrico (1-2 %) y sales (8-10 %). Durante el proceso de cosecha de las semillas de café, la pulpa es removida por fermentación e hidrolizada por microorganismos.

La pulpa hidrolizada es conocida en la industria como “exudado”. Durante la fermentación la pulpa provee el sustrato para varios microorganismos que son esenciales para el desarrollo de los precursores del sabor del chocolate, los cuales son expresados completamente después, durante el proceso de tostado. Aunque la pulpa es necesaria para la fermentación, a menudo hay más pulpa de la necesaria. El exceso de pulpa, que tiene un delicioso sabor tropical, ha sido usado para hacer los siguientes productos: jalea de Café, alcohol y vinagre, nata y pulpa procesada (Mejía & Argüello, 2000).

## Materiales y métodos

### Método general

El método fundamental es el científico; según Rubin (2010), consiste en:

- Pregunta de investigación: Cuestionamiento sobre algo observado en una realidad.
- Observar: Reunir información mediante la observación del fenómeno de manera sistemática.
- Definir hipótesis: presuposición razonada sobre un fenómeno.
- Experimentación: Puede comprobarse las hipótesis por experimentación.
- Análisis de datos: Explicación de los datos en correspondencia a las hipótesis y objetivos de la investigación.
- Interpretar: Conclusiones que se forman sobre la base del análisis de los fenómenos.
- Publicar resultados: La difusión de los resultados es fundamental para el método científico.
- Diseño de investigación.

Según Hernández et al. (2006), el diseño de la investigación es experimental, porque los diseños experimentales se utilizan cuando el investigador pretende establecer el posible efecto de una causa que se manipula.

En la presente investigación se realizará ensayos de laboratorio y trabajos en gabinete, para así poder obtener datos y realizar su procesamiento respectivo.

### Simbología de los experimentales

Según Hernández et al. (2014), la simbología utilizada es como sigue:

- R: Asignación al azar o aleatoria. Cuando aparece quiere decir que los sujetos han sido asignados a un grupo de manera aleatoria.
- G: Grupo de sujetos o caso (grupo 1, grupo 2, etc).
- X: Tratamiento, estímulo o condición experimental (presencia de algún nivel o modalidad de la variable independiente)
- O: Una medición de los sujetos de un grupo (prueba, cuestionario, observación, etc.) si aparece antes del estímulo o tratamiento, se trata de una preprueba (previamente al tratamiento). Si aparece después del estímulo se trata de una posprueba (posterior al tratamiento). Ausencia de estímulo (nivel “cero”) en variable independiente. Indica que se trata de un grupo control o testigo.

RG <sub>1</sub>	X	O <sub>1</sub>
RG <sub>2</sub>	-	O <sub>2</sub>

Se tendrá dos grupos, uno de los grupos (probetas): al grupo G1 se insertará a la fermentación del café para verificar la alteración de la durabilidad del concreto a través del efecto del mucílago del café. Al grupo control, que fue el G2, no se rea-

liza ningún tratamiento, por lo que fue sumergido en agua destilada.

A esta prueba, se realizó la observación por un periodo de 6 meses, haciendo un ciclo cada 15 días. Hay que tomar en cuenta que el ciclo de fermentación del café es de 7 a 8 días. La búsqueda de café fresco fue en un total de 7 días, completando el ciclo por 15 días.

Al día 15, se realizó la citación para verificar el aroma del café seco y tostado.

## Población y muestra

### Población

El café, en el distrito de Satipo, presenta una extensión de 1097 ha, sembradas, 687 ha cosechadas con una producción de 461 toneladas métricas de este producto. Satipo, es el 5to productor de Café a nivel de la provincia. (Cosavalente, 2017), por lo cual se tienen fermentadores de café por agricultor. Haciendo un total de los 362 productores, según el Programa de Desarrollo Alternativo en Satipo (DAS), 2015.

### Muestra

Finca Café Nueva Esperanza de 10 hectáreas de cafetal, con una producción de 5 tm, de los cuales se extrajo muestras semanales, en la construcción de un fermentador a nivel de laboratorio, donde se realizaron las pruebas.

## Técnicas e instrumentos

**Tabla 1**

*Técnicas cuantitativas.*

Encuesta	Cuestionario para recoger los datos cuantitativos de las dimensiones del estudio.
Prueba de laboratorio	Para medir indicadores para las dimensiones de la investigación. Pruebas de rotura de concreto.

**Tabla 2**

*Técnicas cualitativas.*

Observación	Guía de observación para recopilar información observable sobre el nivel de agresividad del mucilago sobre el concreto.
Revisión de fuentes secundarias (Informes de laboratorio)	Lista de cotejo para verificar información de resultados.

## Trabajo de laboratorio

Las probetas de concreto, se analizarán en el laboratorio de la Universidad Los Ángeles de Chimbote, Facultad de Ingeniería, de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, filial Satipo.

## Trabajo de gabinete

Se realizará el diseño de mezcla con cemento tipo I F'C = 210 kg/cm<sup>2</sup>, tamaño máximo nominal 1", asentamiento de 3" a 4", sin aditivo y con aditivo. Luego de aplicar la prueba, se realizó las anotaciones y sintetizó el informe según la ficha de observación cada ciclo de prueba.

Finalmente, se realizará la comprobación de la hipótesis establecida, llegando a redactar el informe final de la investigación en un periodo de 6 meses.

## Técnicas para el procesamiento de datos

- Estadística descriptiva: Programa estadístico SPSS para el dato cualitativo.
- Procesamiento del dato cualitativo: Integración de datos según la ficha de observación.
- Integración de datos cualitativos: se realizaron según las pruebas de rotura de concreto de los 10 ciclos de ensayos.

## Resultados

### Composición química del café

Un gran número de químicos se han ocupado de la composición del café. Con más o menos éxito, Lefevre, Bourdelin, Geoffroy, Guindet, Robiquet, Payen y otros, han hecho en distinta época análisis del café que, incompletos al principio, se han perfeccionado sucesivamente hasta ponerse en nuestros días a la altura de los actuales conocimientos de la química analítica.

Sería ocioso hacer una reseña de los varios análisis que del café han hecho los sabios químicos mencionados; para llenar nuestro objeto solo se dará a conocer los más recientes, así como algunas de las propiedades del alcaloide que contiene.

Según Payen, 100 partes de café encierran:

**Tabla 3**

*Composición química del café (Coffea arabica).*

Componente	%p/p
Legumina, cafeína, etc.	10,00
Cafeína libre	0,80
Materia azoada	3,0
Substancias grasas	13,00
Glucosa, dextrina y ácido vegetal indeterminado	15,50
Cloroginato de potasa y cafeína	5,00
Aceite esencial concreto insoluble	0,001
Esencia aromática soluble de olor suave	0,002
Celulosa	34,000
Substancias minerales	6,697
Agua	12,000

**Fuente:** Revista de Geografía Agrícola, Núm. 45/117.

Las sustancias minerales contenidas en el café son principalmente, potasa, sosa, cal, magnesia, óxido de hierro, ácidos sulfúricos, fosfórico, etc.

Graham, Stenhouse y Campbell, han obtenido para la composición de las cenizas del café.

**Tabla 4**

*Composición química de las cenizas del café (Coffea arábica).*

Componente	%	%	%	%	%
Potasa	55,10	54,00	53,20	53,72	51,52
Cal	4,10	4,11	4,61	6,16	5,87
Magnesia	8,42	8,2	8,66	8,37	8,87
Ácido fosfórico	10,36	11,05	10,80	11,13	10,15
Ácidos sulfúrico	3,62	3,49	3,82	3,10	5,26
Ácidos carbónico	17,47	18,13	16,34	16,54	16,98
Cloro	1,11	0,26	1,00	0,72	0,59
Óxido de hierro	0,45	0,73	0,63	0,44	0,44
Suma	100,63	99,97	96,06	100,18	99,68

**Fuente:** Revista de Geografía Agrícola núm. 45/117

Los análisis del café efectuados en la Estación Agronómica de La Pointe-à-Pitre, por Mr. Ph. Boname, y que son de importancia agrícola considerable, han dado los resultados siguientes:

Con los procedimientos ordinarios de beneficio se obtienen de 100 kilogramos de cerezas frescas, 31.9 kilogramos de café pergamino que, a su vez, producen 25.7 kilogramos de café beneficiado. El café contiene, pues, por ciento:

**Tabla 5**

*Análisis de café (Coffea arábica) en la Estación Agronómica de La Pointe-à-Pitre.*

Componente	Kg
Café comercial	25.70
Pergamino	6,20
Pulpa	68,10
Suma	100

**Fuente:** Mr. Ph. Boname (2000).

## El proceso de beneficio de café

El proceso de beneficio de café comprende las etapas de desgrane, fermentación y secado.

### Desgrane

Involucra la partida de las mazorcas empleando un machete o mazo en forma perpendicular a su mayor diámetro, para luego extraer los granos de la placenta en forma manual. El tiempo de desgrane (tiempo transcurrido entre la toma de mazorca del árbol y la extracción del grano) afecta el proceso de fermentación, razón por la cual este debe variar entre uno y dos días, porque cuando se emplea un mayor tiempo origina el inicio de la fermentación dentro de la mazorca. (Mejía & Argüello, 2000).

## Fermentación

Proceso que se lleva a cabo en fermentadores, dura entre 7 y 8 días en los cuales la masa de café se voltea con el fin de airearla y lograr una fermentación uniforme. El objeto de este proceso es desprender los granos de la pulpa mucilaginosa que los protege, provocar la muerte del embrión para impedir la germinación de los granos y desencadenar modificaciones bioquímicas en el interior de los cotiledones que se traducen en un aumento de volumen, aparición del color pardo, disminución del sabor amargo y de la astringencia, permitiendo de esta manera, el desarrollo de los precursores del aroma. (Mejía & Argüello, 2000).

Según Augstburger et al. (2000), el proceso de fermentación se desarrolla así:

1er día: Pulpa muy ácida (pH 3,5), masa fermentante de color blanco, pH 6,5 del interior de la semilla, interior de la semilla de color violeta, no hay desarrollo de calor, olor agridulce, aromático. 2) 3er- 4º día: Masa fermentante está ácida (pH 4,5), de color café claro, pH 4,5 del interior de la semilla, de color violeta, sus bordes de color café, aumento de temperatura de la masa fermentante a 45-50 °C, fuerte olor a ácido acético. 3) 5º-7º día: Masa fermentante está acidulada (pH 5,5), masa fermentante de color café, pH 5,5 del interior de la semilla, de color café, temperatura de la masa fermentada se reduce a 40 °C, el olor a ácido acético es menos fuerte.

Por otro lado, Enríquez (1985) indica que:

En las primeras horas de la fermentación la emisión de jugos azucarados de las almendras de café es bastante, puesto que proceden del inicio de la descomposición de la pulpa que rodea las semillas o hilio de la mazorca. Estima que la producción está alrededor de 4 a 6 litros por cada 100 kg de masa y que, durante las 6 horas siguientes, se obtiene un poco menos de la mitad (casi 3 l por cada 100 kg de masa) de jugos. Esta emisión cesa casi completamente cuando han transcurrido 24 horas.

### Secado

Su objetivo es disminuir el contenido de humedad, la acidez y la astringencia, logrando el desarrollo del color chocolate característico de los granos bien fermentados.

## Composición química del cemento

### Componentes químicos

Los componentes químicos del cemento Pórtland se expresan por el contenido de óxidos, en porcentajes. Los principales óxidos son: la cal, sílice, alúmina y el óxido férrico, siendo el total de estos del 95 % al 97 %. En pequeñas cantidades también se presentan otros óxidos: la magnesia, el anhídrido sulfúrico, los álcalis y otros de menor importancia. Así se tiene:

**Tabla 6**

Componentes químicos.

Óxido componente	% típico	Abreviatura
CaO	58 - 67	C
SiO <sub>2</sub>	16 - 26	S
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4 - 8	A
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2 - 5	F
SO <sub>3</sub>	0.1 - 2.5	
MgO	1 - 5	
K <sub>2</sub> O y Na <sub>2</sub> O	0 - 1	
Mn2O3	0 - 3	
TiO2	0 - 0.5	
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0 - 1.5	
Pérdida x calcinación	0.5 - 3	

### Compuestos químicos

Durante la calcinación en la fabricación del clinker de cemento Pórtland, los óxidos se combinan con los componentes ácidos de la materia prima entre sí, dando lugar a cuatro importantes compuestos. Los principales compuestos que constituyen aproximadamente el 90-95 % del cemento, también se presentan en menores cantidades, otros compuestos secundarios.

**Tabla 7**

Compuestos químicos.

Designación	Fórmula	Abreviatura	%
Silicato tricálcico	3CaO.SiO <sub>2</sub>	C <sub>3</sub> S	30 a 50
Silicato dicálcico	2CaO.SiO <sub>2</sub>	C <sub>2</sub> S	15 a 30
Aluminato tricálcico	3CaO.Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	C <sub>3</sub> A	4 a 12
Ferro aluminato tetra cálcico	4CaO.Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	C <sub>4</sub> AF	8 a 13
Calí libre	CaO		
Magnesia libre (Periclasa)	MgO		

Estos compuestos en presencia del agua se hidratan y forman nuevos compuestos que forman la infraestructura de la pasta de cemento endurecido en el concreto.

### Propiedades de los compuestos principales

Silicato tricálcico (C3S), conocido también como alita.

- Se hidrata y endurece rápidamente.
- Es el más importante de los compuestos del cemento.
- Determina la rapidez o velocidad de fraguado.
- Determina la resistencia inicial del cemento.
- Libera gran cantidad de calor de hidratación es equivalente a 120 cal/gr. Este compuesto tiene mucha importancia en el calor de hidratación de los cementos.

- Contribuye una buena estabilidad de volumen.
- Contribuye a la resistencia al intemperismo.

Silicato dicálcico (C2S), conocido también como belita.

- Contribuye con las resistencias a edades mayores a una semana.
- Por su porcentaje en el Clinker, es el segundo en importancia.
- Se hidrata y endurece con lentitud.
- Alcanza elevada resistencia a la compresión a largo plazo (después de prolongado endurecimiento).
- El valor de hidratación es equivalente a 63 cal/gr.
- Contribuye a la resistencia al intemperismo junto al C3S.
- Su contribución a la estabilidad de volumen es regular.

Aluminato tricálcico (C3A)

- Es el primero en hidratarse; o sea, fragua con mucha rapidez (hidratación violenta).
- Libera gran cantidad de calor durante los primeros días de la hidratación.
- Incide levemente en la resistencia mecánica.
- Tiene baja resistencia al intemperismo (acción del hielo y deshielo).
- Tiene mala estabilidad de volumen.
- Escasa resistencia a la acción del ataque de los sulfatos y ataques químicos.
- Calor de hidratación equivalente a 207 cal /gr.

Ferro aluminato tetra cálcico (C4AF)

- Reduce la temperatura de formación del clinker.
- Rápida velocidad de hidratación.
- El calor de hidratación es equivalente a 100 cal/gr (moderado).
- En la resistencia mecánica no está definida su influencia.
- La estabilidad de volumen es mala.
- Infiere en el color final del cemento.

**Nota:** El silicato tricálcico (C3S) y el silicato dicálcico (C2S) constituye el 75 % del cemento. Por eso la resistencia mecánica se debe a estos dos compuestos.

### Propiedades del cemento

#### Finura o Fineza

Referida al grado de molienda del polvo, se expresa por la superficie específica, en m<sup>2</sup>/kg. En el laboratorio existen dos ensayos para determinarlo:

- Permeabilímetro de Blaine
- Turbidímetro de Wagner

Importancia: A mayor finura, crece la resistencia, pero aumenta el calor de hidratación y cambios de volumen. A mayor finura del cemento mayor rapidez de hidratación del cemento y mayor desarrollo de resistencia.

Ejemplo:

**Tabla 8**

*Tipos de cemento.*

Tipo de cemento	Finura Blaine m <sup>2</sup> / Kg
I	370
II	370
III	540
IV	380
V	380

### **Peso específico**

Referido al peso del cemento por unidad de volumen, se expresa en gr/cm<sup>3</sup>. En el laboratorio se determina por medio de:

- Ensayo del Frasco de Le Chatelier (NTP 334.005)

Importancia: Se usa para los cálculos en el diseño de mezclas.

Los pesos específicos de los cementos Pórtland, son de aproximadamente 3.15.

### **Tiempo de fraguado**

Es el tiempo entre el mezclado (agua con cemento) y la solidificación de la pasta. Se expresa en minutos. Se presenta como: El tiempo de fraguado inicial y el tiempo de fraguado final.

En el laboratorio existen dos métodos para calcularlo:

- Agujas de Vicat: NTP 334.006 (97)
- Agujas de Gillmore: NTP 334.056 (97)

Importancia: Fija la puesta correcta en obra y endurecimiento de los concretos y morteros.

### **Estabilidad de volumen**

Representa la verificación de los cambios volumétricos por presencia de agentes expansivos, se expresa en %. En el laboratorio se determina mediante:

- Ensayo en Autoclave: NTP 334.004 (99).

### **Resistencia a la comprensión**

Mide la capacidad mecánica del cemento a soportar una fuerza externa de comprensión. Es una de las más importantes propiedades, se expresa en kg/cm<sup>2</sup>. En el laboratorio se determina mediante:

- Ensayo de comprensión en probetas cúbicas de 5 cm de lado (con mortero cemento-arena normalizada): NTP 334.051 (98).

Se prueba a diferentes edades: 1, 3, 7, 28 días.

Importancia: Propiedad que decide la calidad de los cementos.

### **Contenido de aire**

Mide la cantidad de aire atrapado o retenido en la mezcla (mortero), se expresa en % del volumen total. En el laboratorio se determina mediante:

- Pesos y volúmenes absolutos de mortero C-A en molde cilíndrico estándar: NTP 334.048.

Importancia: Concretos con aire atrapado disminuye la resistencia (5 % por cada 1 %).

### **Calor de hidratación**

Es el calor que se genera por la reacción (agua + cemento) exotérmica de la hidratación del cemento, se expresa en cal/gr. y depende principalmente del C3A y el C3S.

En el laboratorio se determina mediante:

Ensayo del calorímetro de Langavant o el de la botella aislante. Se emplea morteros estándar: NTP 334.064.

## **Discusión**

Según los resultados obtenidos, se pueden inferir que la razón por la que se desintegra el concreto es por la exposición a las sustancias químicas en las clases de cementos.

## **Tipos de cemento**

### **Cementos Pórtland sin adición**

Constituidos por Clinker Pórtland y la inclusión solamente de un determinado porcentaje de sulfato de calcio (yeso). Según las normas técnicas se tiene:

- Tipo I: Para usos que no requieran propiedades especiales de cualquier otro tipo.
- Tipo II: Para uso general y específicamente cuando se desea moderada resistencia a los sulfatos o moderado calor de hidratación.
- Tipo III: Para utilizarse cuando se requiere altas resistencias iniciales.
- Tipo IV: Para emplearse cuando se desea bajo calor de hidratación.
- Tipo V: Para emplearse cuando se desea alta resistencia a los sulfates.

### **Cementos Pórtland adicionados**

Contienen además de Clinker Pórtland y Yeso, dos o más constituyentes inorgánicos que contribuyen a mejorar las propiedades del cemento. (Ejm.: puzolanas, escorias granuladas de altos hornos, componentes calizos, sulfato de calcio, incorporadores de aire).

Según normas técnicas, se tiene:

Cementos Pórtland puzolánicos (NTP 334.044)

- Cemento Pórtland puzolánico, tipo IP: Contenido de puzolana entre 15 % y 40 %.
- Cemento Pórtland Puzolánico modificado, tipo I (PM): Contenido de puzolana menos de 15 %.

Cementos Pórtland de escoria (NTP 334.049)

- Cemento Pórtland de escoria tipo IS: Contenido de escoria entre 25 % y 70 %.
- Cemento Pórtland de escoria modificado Tipo I (SM): Contenido de escoria menor a 25 %.

*Cementos Pórtland compuesto, tipo 1 (Co) (NTP 334.073):* Cemento adicionado obtenido por la pulverización conjunta de Clinker Pórtland y materiales calizos (travertino), hasta un 30 % de peso.

*Cemento de Albañilería (A) (NTP 334.069):* Cemento obtenido por la pulverización de Clinker Pórtland y materiales que mejoran la plasticidad y la retención de agua.

*Cementos de especificaciones de la performance (NTP 334.082):* Cemento adicionado para aplicaciones generales y especiales, donde no existe restricciones en la composición del cemento o sus constituyentes. Se clasifican por tipos basados en requerimientos específicos: Alta resistencia inicial, resistencia al ataque de sulfatos.

Calor de hidratación. Sus tipos son:

- GU: De uso general. Se usa para cuando no se requiera propiedades especiales.
- HH: De alta resistencia inicial.
- MS: De moderada resistencia a los sulfatos.
- HS: De alta resistencia a los sulfatos.
- MH: De moderado calor de hidratación.
- LH: De bajo calor de hidratación.

## Los cementos del Perú

En el Perú, actualmente tenemos las siguientes empresas cementeras:

**Tabla 9**

*Cementos del Perú.*

Nombre	Ubicación
Cementos Lima S.A.	Atocongo – Lima
Cementos Pacasmayo S.A.A.	Pacasmayo – La Libertad
Cemento Andino S.A.	Condorcocha – Tarma (Junín)
Yura S.A.	Yura – Arequipa
Cemento Sur S.A.	Caracote – Juliaca (Puno)
Cemento Rioja	Pucallpa – Ucayali

Nota: El cemento en el Perú se comercializa en bolsas de 42.5 kg de papel krap extensible tipo Klupac, que usualmente están entre dos y cuatro pliegos, de acuerdo a los requerimientos de transporte o manipuleo eventualmente y por condiciones especiales pueden ir provistas de un refuerzo interior de polipropileno. Estas bolsas son ensayadas para verificar su porosidad al aire, absorción, impermeabilidad y resistencias mecánicas. Las fábricas cementeras nacionales están preparadas para realizar la comercialización del cemento en bolsos con capacidad de 1.5 toneladas, a estos se les conoce como big bag; además, se puede despachar estos cementos a granel.

La capacidad instalada (tn/año), así como los mercados de cada uno de estas fábricas de cemento, se muestran a continuación:

**Tabla 10**

*Capacidad instalada.*

Empresa	Cap. Inst.	Mercado
Cemento Lima S.A.	4'300,000	Lima, Callao, Ica, Ancash.
Cementos Pacasmayo S.A.A.	2'300,000	La Libertad, Amazonas, Cajamarca, Lambayeque, Piura, Tumbes, Ancash.
Cemento Andino S.A.	1'060,000	Lima, Callao, Junín, Huancavelica, Cerro de Pasco.
Yura S.A.	600,000	Arequipa, Moquegua, Tacna, Apurímac.
Cemento Sur S.A.	155,000	Puno, Cusco, Apurímac, Madre de Dios, Moquegua, Tacna.

En relación a los tipos cementos por empresa producidos actualmente en el Perú, tenemos:

**Tabla 11**

*Tipos de cemento.*

Empresa	Tipos de cemento que produce
Cementos Lima S.A.	Sol I, Sol II, Supercemento Atlas IP
Cementos Pacasmayo S.A.	Pacasmayo I, Pacasmayo II, Pacasmayo V, Pacasmayo MS-ASTM C-1157, Pacasmayo IP, Pacasmayo ICo (COMPUESTO)
Cemento Andino S.A.	Andino I, Andino II, Andino V, Andino IPM
Cementos Selva	Cemento Pórtland Tipo I, Tipo II, Tipo V, Puzolánico IP, Compuesto ICo
Yura S.A.	Yura I, Yura IP, Yura IMP, Cemento de Albañilería marca Estuco Flex.
Cemento Sur S.A.	Rumi I, Inti IPM, Portland tipo II, Portland Tipo V.
Cemento Rioja S.A.	Cemento Pórtland Tipo IPM

Requisitos Técnicos de los cementos: Se muestran de acuerdo a las normas técnica peruanas NTP 339.009, los requisitos físicos y químicos de los cementos Pórtland. Requisitos físicos obligatorios.

Tabla 12

Requisitos Físicos.

Requisitos Físicos	Tipos					
	I	II	V	MS	IP	ICo
Resistencia la Comprensión min Kg/cm <sup>2</sup>						
3 días	120	100	80	100	130	130
7 días	190	170	150	170	200	200
28 días	280°	280°	210	280°	250	250
Tiempo de fraguado, minutos						
Inicial, mínimo	45	45	45	45	45	45
Final, máximo	375	375	375	420	420	420
Expansión en autoclave, % máximo	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
Resistencia a los Sulfatos, % máximo de expansión	--	--	0.04*	0.10	0.10*	--
			14 días	6 meses	6 meses	
Calor de Hidratación, máx, KJ/Kg						
7 días	--	290*	--	--	290*	--
28 días	--	--	--	--	330*	--

### Requisitos químicos obligatorios

Tabla 13

Requisitos químicos.

Requisitos Químicos	Tipo					
	I	II	V	MS	IP	ICo
Óxido de magnesio (MgO), máx, %	6.0	6.0	6.0	--	6.0	6.0
Trióxido de azufre (SO <sub>3</sub> ), máx, %	3.5	3.0	2.3	--	4.0	4.0
Pérdida por ignición, máx, %	3.0	3.0	3.0	--	5.0	8.0
Residuo insoluble, máx, %	0.75	0.75	0.75	--	--	--
Aluminato tricálcico (C <sub>3</sub> A), máx, %	--	8	5	--	--	--
Álcalis equivalentes (Na <sub>2</sub> O + 0.658 K <sub>2</sub> O), máx, %	0.6*	0.6*	0.6*	--	--	--

### Requisitos físicos opcionales

Tabla 14

Características físicas opcionales.

Características Físicas Opcionales	Tipo				
	I	II	III	IV	V
Falso fraguado, % (P. Fin) mínimo	50	850	50	50	50
Calor de hidratación, máx, Cal/gr					
7 días	--	70	--	60	--
28 días	--	--	--	70	--
Resistencia la compresión (MPa)					
28 días	280	280	--	--	--
Resistencia a los sulfatos, 14 días, máx.	--	--	--	--	0.04

### Requisitos químicos opcionales

Tabla 15

Características químicas opcionales.

Características Químicas Opcionales	Tipo				
	I	II	III	IV	V
Aluminato tricálcico (C <sub>3</sub> A), máx, %	--	--	5-8	--	--
Suma (C <sub>3</sub> S + C <sub>3</sub> A), máx, %	--	58	--	--	--
Álcalis equivalentes (Na <sub>2</sub> O + 0.658 K <sub>2</sub> O), máx, %	0.6	0.6	0.6	--	--

Los tipos de cemento cuyo requisito para concretos expuestos a soluciones que contienen sulfatos, se muestran a continuación:

Tabla 16

Tipos de cemento.

Exposición a sulfatos	Sulfatos solubles agua (SO <sub>4</sub> ) en el suelo	Sulfatos (SO <sub>4</sub> ) en el agua, ppm	Tipo Cemento	Concreto con agregado de peso normal rel. a/c máx en peso	Concreto con agregado de peso normal y ligero Resist. Comp. Mínima MPa
Insignificante	0<SO <sub>4</sub> <0.1	0<SO <sub>4</sub> <150	--	--	--
Moderada	0.1<SO <sub>4</sub> <0.2	150<SO <sub>4</sub> <1500	II, IP, MS, IPM	0.50	40
Severa	0.2<SO <sub>4</sub> <2.0	1500<SO <sub>4</sub> <10,000	V	0.45	45
Muy severa	SO <sub>4</sub> >2.0	SO <sub>4</sub> >10,000	V más puzolana	0.45	45

### Las reacciones generadas

Las reacciones formadas, producto de la fermentación son:

La acidez química es la valoración química de las sustancias ácidas en el mucílago del café, que incluyen los ácidos acéticos, málico, láctico, cítrico, succínico y otros compuestos.

La acidez y el porcentaje de alcohol a través del tiempo de fermentación del mucílago de café pueden expresarse con las ecuaciones que se presentan en las figuras 5 y 6; así, la formación de ácidos y alcoholes de la fermentación del café se ajusta a la ley de crecimiento poblacional de Verhulst, 1838 (12), y en consecuencia sigue un comportamiento similar al crecimiento de los microorganismos, que es exponencial en las primeras horas, pero que no continúa así, indefinidamente.

La acidez de un litro de un mucílago fresco obtenido en un desmucilagador mecánico, con capacidad para 600 kg/H de frutos y operado con 1.6 l/Min, de agua es alrededor de 1000 mg CaCO<sub>3</sub> y este valor se triplica las 20 horas de fermentación en un sistema abierto, a una temperatura promedio de 20.5 °C mientras que a las 74 horas el valor es aproximadamente de 7000 mg CaCO<sub>3</sub> (ver la Figura 5). La velocidad de acidificación del mucílago de café durante la fermentación es rápida hasta las 21-22 horas, luego se presenta una desaceleración que se atribuye al consumo del sustrato y a la re-

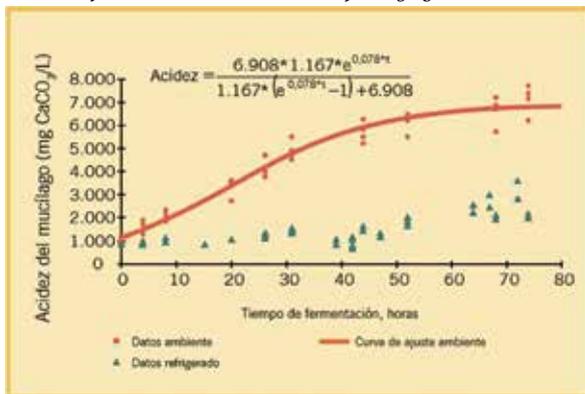
ducción de las baterías, debido a las mismas condiciones acidadas. Por el contrario, en ambiente de refrigeración (de 4 – 8 °C), la acidez del mucilago se mantiene por 20 a 25 horas como la del mucilago fresco (ver Figura 5), por consiguiente, mediante la refrigeración, a temperaturas inferiores a 8 °C, se conserva el mucilago y el café en baba. Los valores de acidez inicial del café en baba dependen de la clasificación del fruto y del grano despulpado, así como del sistema de fermentación. En los sistemas sumergidos el valor de la acidez total es menor que el de los sistemas de sustrato sólido, por la disolución de las sustancias acidadas en el agua. Aunque en ambos sistemas la acidez aumenta con el tiempo de fermentación, los sistemas con agua son más homogéneos.

De otra parte, para fermentaciones de sustrato sólido los contenidos de ácido acético y ácido láctico son similares a las 18 horas (0,16 % en promedio), pero a las 42 horas, la concentración de ácido acético es de 0,36 %, y del láctico de 0,24 %.

La presencia de los granos de café por tiempos prolongados en los ácidos producidos en la fermentación, en especial por el acético, ocasiona granos vinagres y, por lo tanto, sabores agrios y fermentos en la bebida.

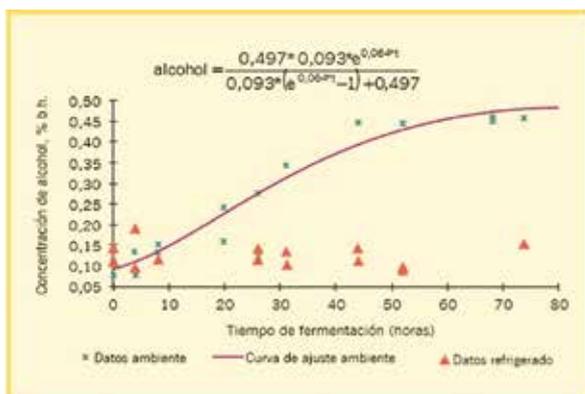
**Figura 1**

Cinética de la acidificación del mucilago del café durante la fermentación a temperatura ambiente de 20.5 °C y de refrigeración 6.6 °C.



**Figura 2**

Cinética de la producción del etanol durante la fermentación del mucilago del café, a temperatura del ambiente promedio 20.5 °C y en refrigeración a 6.6 °C.



## Conclusiones

- Se determinó que el pH del primer día es el que genera una influencia directa a la durabilidad del concreto. La acidez de un litro de mucilago fresco obtenido en un desmucilagador mecánico, con capacidad para 600 kg/h de frutos y operado con 1.6 l/Min, de agua es alrededor de 1 000 mg CaCO<sub>3</sub> y este valor se triplica las 20 horas de fermentación en un sistema abierto, a una temperatura promedio de 20.5 °C mientras que, a las 74 horas el valor es aproximadamente de 7 000 mg CaCO<sub>3</sub> (ver la Figura 5). La velocidad de acidificación del mucilago de café durante la fermentación es rápida, hasta las 21-22 horas.
- En la pulpa mucilaginosa del café (*Coffea arabica*) el carbonato de calcio influye significativamente con el pH en las primeras 20 horas, en sistema abierto en la durabilidad del concreto.
- En la fermentación del café (*Coffea arabica*), la velocidad de acidificación es rápida hasta las primeras 22 horas, que influyen significativamente en la durabilidad del concreto.
- La astringencia del café (*Coffea arabica*), no influye en la durabilidad del concreto.
- El aroma del café (*Coffea arabica*), no influye en la durabilidad del concreto.

## Recomendaciones

- Se recomienda continuar con las investigaciones para otras frutas, así como el cacao que se requiere fermentación y utilizan cementos. Para ello se debe diseñar con cerámicos que su durabilidad puede ser más óptimo.

## Referencias bibliográficas

- Augstburger, F.; Berger, J. & Censkowsky, U. (2000). *Agricultura orgánica en el trópico y subtropico*. Guía de Café. Alemania: Asociación Naturland.
- Castillo, G. A. (septiembre de 2016). Tesis: *Estudio de durabilidad de estructuras de concreto armado frente a los agentes químicos agresivos*. Universidad Nacional Autónoma de México, México, d. F.: Programa de maestría y doctorado en Ingeniería Civil – Construcción.
- Cosavalente, V. J. (2017). *Memoria institucional anual 2016 de la Municipalidad Provincial de Satipo*. Satipo: gerente municipal.
- Durand, H. A. (junio de 1998). Tesis: *La durabilidad del concreto afectada por la contaminación Ambiental*. San Nicolás de Los Garza, n.l., Monterrey, Mé-

- xico: Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ingeniería Civil, Secretaría de Estudios de Postgrado.
- Enríquez, G. (1985). *Curso sobre el cultivo del café*. Centro Interamericano de Documentación e Información Agrícola. Turrialba: Costa Rica.
- García-Lozano, J.; Romero-Carrascal, M. & Ortiz, L.A. (2006). *Evaluación edafoclimática de las tierras del trópico bajo colombiano para el cultivo de café*. CORPOICA, Cundinamarca: Colombia.
- Hernandez Sampieri, Roberto; Fernández Collado, Carlos & Baptista Lucio, María Del Pilar. (2014). *Metodología de la investigación*. México D.F: McGraw Hill. Edamsa impresiones, S.A. de C.V.
- Huacasi, J. (04 de Julio de 2011). *Intemperismo y envejecimiento*. Obtenido de <https://prezi.com/saypdg17zsj3/intemperismo-y-envejecimiento/>
- Huaman, H. J. (3 de octubre de 2016). *Ataque químico al concreto- tecnología del concreto*. Obtenido de SlideShare: <https://es.slideshare.net/jesusedgarhuamanhuerta/ataque-quimico-al-concreto-tecnologia-del-concreto>.
- IMCC, I. M. (marzo de 2007). *Resistencia a la abrasión*. Selección coleccionable 14. México: Editado por el Instituto Mexicano del Cemento y Concreto.
- Mejía, L.A. & Argüello, O. (2000). *Tecnología para el mejoramiento del sistema de producción de café*. Regional 7, Bucaramanga, Colombia: Publicaciones CORPOICA.
- Ortiz-Valbuena, K. y.-L. (2015). *Efecto del vertimiento de subproductos del beneficio de café (Theobroma Café L.) sobre algunas propiedades químicas y biológicas en los suelos de una finca cafetera, Municipio de Yaguará (Huila, Colombia)*. Boletín Científico Centro de Museos Museo de Historia Natural, 19 (1): 65-84. DOI: 10.17151/bccm.2015.19.1.5.
- Valenzuela, J. (2012). *El cultivo de café*. Paquete tecnológico Compañía Nacional de Chocolates S.A.S. Medellín: Colombia.



## Deshidratación osmótica de mashua amarilla (*Tropaleum tuberosa*) con jarabe invertido de sacarosa y jugo de maracuyá

### Osmotic dehydration of yellow mashua (*Tropaleum tuberosa*) with inverted sucrose syrup and passion fruit juice

Edgar Rafael Acosta López<sup>1</sup>, Ángélica Castro Garay<sup>2</sup>

E-mail: eacosta1981@uncp.edu.pe / acastrogaray@uncp.edu.pe

#### Cómo citar

Acosta López, E. R. & Castro Garay, A. (2020). *Deshidratación osmótica de mashua amarilla (Tropaleum tuberosa) con jarabe invertido de sacarosa y jugo de maracuyá*. *Prospectiva Universitaria, Revista de la UNCP*. 17(1), 41-47. <https://doi.org/10.26490/uncp.prospectivauniversitaria.2020.17.1389>

#### Resumen

El objetivo fue evaluar el efecto de incorporación del jugo de maracuyá en el jarabe invertido de sacarosa y temperaturas de inmersión (30 °C y 40 °C) en los parámetros cinéticos, polifenoles totales y capacidad antioxidante en el deshidratado osmótico (DO) de mashua amarilla (*Tropaleum tuberosa*). La materia prima fue cortado en láminas de 4 mm de espesor, escaldado en ebullición a 89 °C por 15 minutos, inmersión en solución osmótica (jarabe invertido de sacarosa a 60 °Brix y jugo de maracuyá) proporciones (65:35, 70:30 y 75:25) concentraciones de 37,5 °Brix, 41,5 °Brix y 40,5 °Brix respectivamente, drenado, secado con aire caliente a 50 °C con una velocidad de aire de 1,4 ± 0,1 m/s y envasado. El (DO) se realizó durante 4,5 horas, los parámetros cinéticos que se evaluaron fueron: pérdida de peso porcentual (PP%), tasa de ganancia de sólidos (GS) y tasa de pérdida de agua (WL). Los polifenoles totales se midieron por el método Follin Ciocalteu y la capacidad antioxidante por el método ABTS; obteniéndose los siguientes resultados: los valores de (PP%) oscilaron entre 19.24 % ± 0.02 y 23.56 % ± 0.07; el tratamiento a 37,5 °Brix y 40 °C presentó la mayor (PP%) 23.56 % ± 0.07, mayor tasa de (GS) 0,715 ± 0.003 g de sólido/g fruta y mayor tasa de (WL) 0.388 ± 0.006 g de agua/g fruta. El contenido de polifenoles totales y la capacidad antioxidante disminuye en los tratamientos, a 41,5 °Brix y 30 °C se presentó la menor pérdida 7,57 ± 0,21 mg EAG/g MS y 21,12 ± 0,16 μmol TE/g MS 17 % y 11,78 % respectivamente. La interacción de concentración y temperatura tiene efectos significativos (P < 0,05) en los parámetros cinéticos y en los polifenoles totales y capacidad antioxidante por el método ABTS.

**Palabras clave:** cinética osmótica, fenoles, capacidad antioxidante, tubérculo andino, deshidratación osmótica

#### Abstract

The objective was to evaluate the effect of incorporation of passion fruit juice in the sucrose invert syrup and immersion (30 °C and 40 °C) on the kinetic parameters, total polyphenols and antioxidant capacity in the osmotic dehydrated (DO) of yellow mashua (*Tuberous tropaleum*). The raw material was cut into 4 mm thick sheets, blanching at 89 °C boiling for 15 minutes, immersion in osmotic solution (invert syrup of sucrose at 60 °Brix and passion fruit juice) proportions (65:35, 70:30 and 75:25) concentrations of 37.5 °Brix, 41.5 °Brix and 40.5 °Brix respectively, draining, hot air drying at 50 °C with 1.4 ± 0.1 m/s air velocity and packaging. The DO was carried out for 4.5 hours, the evaluated kinetic parameters were: weight loss percentage (WLP%), solid gain rate (GS) and water loss rate (WL), the total polyphenols were measured by the Follin Ciocalteu method and the antioxidant capacity by the ABTS method. Obtaining the following results: (WLP%) ranged between 19.24 % ± 0.02 and 23.56 % ± 0.07; the treatment at 37.5 ° Brix and 40 °C had the highest (WLP%) 23.56 % ± 0.07, the highest rate of (GS) 0.715 ± 0.003 g of solid/g fruit and the highest rate of (WL) 0.388 ± 0.006 g of water/g fruit. The total polyphenol content and antioxidant capacity decrease in treatments, the lowest loss at 41.5 °Brix and 30 °C determined 7.57 ± 0.21 mg EAG/g MS and 21.12 ± 0.16 μmol TE/g MS 17 % and 11.78 % respectively. The interaction of concentration and temperature has significant effects (P < 0.05) on the kinetic parameters and on the total polyphenols and antioxidant capacity by the ABTS method.

**Keywords:** osmotic kinetics, phenols, antioxidant capacity, Andean tuber, osmotic dehydration

<sup>1</sup>Docente de la Fac. de Ingeniería en Industrias Alimentarias / <sup>2</sup>Docente de la Fac. de Ciencias Agrarias - UNCP

## Introducción

La mashua es un tubérculo andino, cuya demanda, con el paso del tiempo, ha disminuido, no obstante de las propiedades beneficiosas para la salud y las virtudes nutritivas que posee. Para consumirlas, se asolean para que se endulcen y la forma tradicional es sancochada.

Los cultivos de raíces y tubérculos son considerados especies desatendidas e infrautilizadas, a pesar que son fuentes de energía tradicional básica para la seguridad alimentaria en la región, consideradas como fuentes de alimentos funcionales; especies como la ahípa, arracacha, mashua y yacón son evaluadas en el proyecto LATINCROP (Leidi et al., 2018). El consumo popular de la mashua (*Tropaeolum tuberosum* Ruiz & Pavón) está relacionado con beneficios para la salud, alivia dolores renales, hepáticos, trastornos de próstata, enfermedades de la piel. Estas propiedades podrían estar relacionados con los glucosinolatos y polifenoles que el tubérculo posee (Chirinos, Rogez, Campos, Pedreschi, & Larondele, 2007). En el estudio de propiedades antioxidantes de extractos fenólicos de mashua (*Tropaeolum tuberosum*) contra el daño oxidativo mediante ensayos biológicos in vitro, recomiendan que los compuestos fenólicos de la mashua, es una buena fuente de antioxidantes dietéticos que podrían ofrecer efectos protectores potenciales contra la oxidación de lípidos y pueden ser utilizados por la industria alimentaria o cosmética (Chirinos et al., 2008). No existe evidencia científica sobre la cinética de deshidratación osmótica de mashua con solución osmótica que incorpora jugo de maracuyá para mejorar el sabor y propiedades funcionales.

El consumo de la mashua generalmente es sancochado y durante la cocción presenta un olor poco agradable que no es aceptado con facilidad por el consumidor, a pesar de sus propiedades funcionales; por lo que, es necesario diversificar el consumo con nuevos productos y una de ellas es la deshidratación osmótica, utilizando un edulcorante y saborizado con jugo de maracuyá que sería una alternativa para diversificar su consumo, mejorar las propiedades funcionales y de aceptabilidad.

La deshidratación osmótica (DO) es un proceso de eliminación de agua que se emplea para obtener alimentos mínimamente procesados con una vida útil y valor nutricional mejorado, la humedad se reduce aproximadamente en un 50 %, disminuye la pérdida de aroma y pardeamiento enzimático; mejora atributos sensoriales y la retención de nutrientes (Silva, Fernandes & Mauro, 2014; Yadav & Singh, 2014), el producto presenta humedad intermedia, baja actividad de agua, por la ganancia de sólidos y pérdida de agua, reduce actividades que

deterioran los alimentos, consume menos energía. Está influenciada por La concentración, temperatura, tiempo, agente osmótico, relación (solución: muestra), agitación y geometría de los materiales (Ahmed, Qazi & Jamal, 2016). La impregnación de algunos nutrientes en matrices vegetales, se realiza por inmersión, a presión normal o al vacío, la transferencia del soluto es de la solución hacia la fruta debido al potencial que presentan (Mascheroni, Scientific & Ramallo, 2016).

Existen investigaciones que incorporan sustancias en la (DO) con la finalidad mejorar las características nutritivas. En el DO del mango 'Tommy Atkins', se añadió, en la solución osmótica de sacarosa, cloruro de calcio y ácido ascórbico, el pre tratamiento osmótico, reduce el tiempo de secado, evitó el cambio de color en el mango seco, la adición de calcio mejoró significativamente la retención de vitamina C, la adición de ácido ascórbico aumentó considerablemente la retención de vitamina C en el mango (Guiamba, Ahrné, Khan & Svanberg, 2016), en mangos cv. Palmer, evaluaron la influencia de la solución de sacarosa con ácido ascórbico (AA) en los compuestos fenólicos (CF) en la (DO). La concentración de sacarosa no afectó el contenido de vitamina C, pero la concentración de (AA) en la solución y el tiempo de proceso ejercieron influencia positiva en esta respuesta. La adición de (AA) presentó un efecto positivo significativo en los (CF), se demostró que la impregnación con vitamina C durante la DO es eficaz para obtener mangos mínimamente procesados con alto valor nutricional (Nagai, Santos, Faria, Boscolo & Mauro, 2015).

El objetivo del estudio fue evaluar el efecto de incorporación del jugo de maracuyá en el jarabe invertido de sacarosa y temperatura de inmersión en los parámetros cinéticos, polifenoles totales y capacidad antioxidante en el deshidratado osmótico de mashua amarilla.

## Materiales y métodos

### Materiales

Mashua amarilla cortado en láminas de 4 mm de espesor ( $7,4 \pm 0,1^{\circ}\text{Brix}$ ), jugo de maracuyá ( $11,6 \pm 0,02^{\circ}\text{Brix}$ ) y sacarosa.

### Acondicionamiento

Las láminas, se sometieron a un escaldado en ebullición  $89^{\circ}\text{C}$  por 15 minutos para disminuir la picanter (Manrique et al., 2013).

### Solución osmótica

Esta compuesta por jarabe invertido de sacarosa a  $60^{\circ}\text{Brix}$  y jugo de maracuyá.

**Tabla 1**

Concentraciones de la solución osmótica.

	Solución osmótica	°Brix
SO1	65 % jarabe invertido + 35 % jugo maracuyá	37.5
SO2	70 % jarabe invertido + 30 % jugo maracuyá	41,5
SO3	75 % jarabe invertido + 25 % jugo maracuyá	48.5

### Tratamiento osmótico

Las láminas de mashua amarilla acondicionadas, fueron sometidas en la solución osmótica de sacarosa con jugo de maracuyá, la relación producto/solución p/p fue de 1:4, durante 270 minutos (4,5 horas) a temperaturas de 30 °C (T1) y 40 °C (T2), secado con aire caliente a 50 °C por 4 horas, enfriado, envasado y almacenado.

### Métodos de análisis

- Humedad: Método 925.10 AOAC (2004)
- Fenoles totales: Método de Singleton y Rossi (1965) citado por (Betalleluz-Pallardel, Chirinos, Rogez, Pedreschi & Campos (2012), utilizando ácido gálico, absorbancia 755 nm, los resultados se expresan en equivalentes de ácido gálico/ g de muestra (mg EAG/g).
- Capacidad antioxidante por el método ABTS (ácido 2,2-azinobis-3-etilbenzotiazolina 6-sulfónico) procedimiento descrito por Campos et al. (2006) citado por Betalleluz-Pallardel et al. (2012), la absorbancia se midió a 734 nm, el resultado se expresa en micromol de equivalentes de Trolox/ml.

### Parámetros de transferencia de masa

Se utilizó los modelos propuestos por Liu, Feng & Peng (2019); Assis, Manuel, Costa, Maria, & Bernardo (2018); Tortoe, (2010); Vega-gálvez et al., (2007) para pérdida de peso (PP), pérdida de agua (WL) (g agua/g de fruta) y ganancia de sólidos (GS) (g de sólido/g de fruta).

$$PP\% = \frac{m_i - m_o}{m_o} \times 100 \quad (1) \quad WL = \frac{m_i X_{wt} - m_o X_{wo}}{m_o} \quad (2)$$

$$GS = \frac{m_i X_{st} - m_o X_{so}}{m_o} \quad (3)$$

$m_o$ , masa inicial en (g) de láminas,  $m_t$ , masa (g) láminas DO osmóticamente en un tiempo  $t$ ,  $X_{wt}$ , contenido de humedad al tiempo ( $t$ ),  $X_{wo}$  contenido de humedad inicial,  $X_{so}$  sólidos solubles iniciales en la lámina (°Brix) y  $X_{st}$  sólidos solubles en el tiempo ( $t$ ).

### Análisis de datos

El efecto de la concentración y la temperatura en el DO, se evaluó a las 4,5 horas, se utilizó el diseño

factorial de 2 factores: concentración con 3 niveles y temperatura con 2 niveles, con una ( $p < 0.05$ ), para el análisis de datos se empleó el software Mintitab v16.

## Resultados

**Tabla 2**

Características fisicoquímicas de la mashua amarilla y jugo de maracuyá.

Características fisicoquímicas	Mashua amarilla	Jugo de maracuyá
Humedad (%)	88,14±0,11	83,7±0,1
pH	6,12 ± 0,4	2,92 ± 0,03
Sólidos solubles (°Brix)	7,4 ± 0,1	11,6 ± 0,2
Acidez (expresado %) (% ácido oxálico) (% ácido cítrico)	1,88 ± 0,02	3,62 ± 0,02

### Polifenoles totales y capacidad antioxidante de la mashua amarilla y jugo de maracuyá

La mashua amarilla presentó  $9,12 \pm 0,18$  mg EA-G/g materia seca (MS) y el jugo de maracuyá  $6,18 \pm 0,3$  mg EAG/g de materia fresca (FM) de polifenoles totales y capacidad antioxidante ABTS ●+de  $2,84 \pm 0,14$  μmolTE/g (FM) o  $23,94 \pm 0,14$  μmolTE/g (MS) y  $5,26 \pm 0,13$  μmolTE/g (FM) respectivamente.

Los fenoles totales en la mashua amarilla se encuentran por debajo de lo reportado por Chirinos et al. (2007) para mashua morada; mientras que, los polifenoles totales para el jugo de maracuyá son ligeramente superiores a lo reportado por Domínguez-Rodríguez, García, Plaza & Marina (2019).

### Pérdida de peso (PP), ganancia de sólidos (GS) y pérdida de agua (WL) en el deshidratado osmótico de mashua amarilla.

En la Tabla 3, se muestran los resultados de la pérdida de peso (PP), ganancia de sólidos (GS) y pérdida de agua (WL) a las 4,5 horas de deshidratación osmótica de la mashua.

**Tabla 3**

Pérdida de peso (PP), ganancia de sólidos (GS) y pérdida de agua (WL) en el deshidratado osmótico de mashua amarilla.

Conc. (°Brix)	T (°C)	PP%	GS	WL
37.5	30	22.20 ± 0.04	0.698 ± 0.004	0.368±0.005
	40	23.56 ± 0.07	0.715±0.003	0.388±0.006
41.5	30	22.66 ± 0.05	0.631±0.003	0.375±0.004
	40	23.10 ± 0.03	0.615±0.003	0.381±0.003
48.5	30	19.24 ± 0.02	0.640±0.006	0.325±0.004
	40	21.42 ± 0.04	0.592±0.005	0.357±0.006

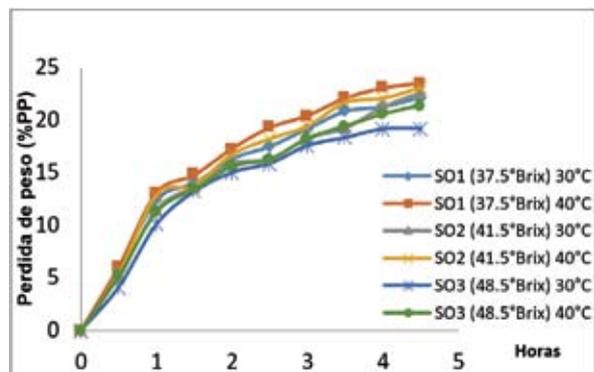
**Nota:** Valores promedio de 3 repeticiones ± desviación estándar.

**Pérdida de peso (PP%)**

En la Figura 1, se muestra el comportamiento de la pérdida de peso durante la deshidratación osmótica.

**Figura 1**

*Pérdida de peso (PP%) para las soluciones osmóticas durante el DO de mashua.*

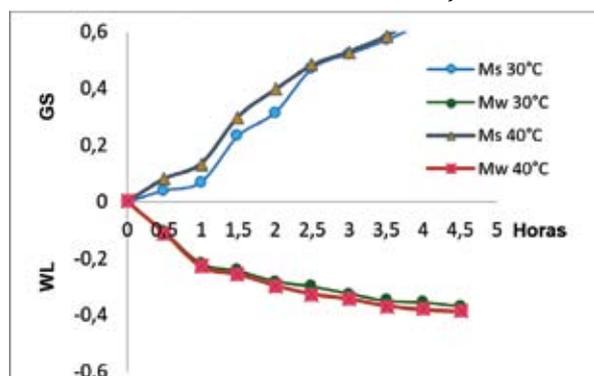


**Ganancia de sólidos (GS) y pérdida de agua (WL)**

En las figuras 2, 3 y 4, se muestran el comportamiento de la tasa de ganancia de sólidos y tasa de pérdida de agua durante la deshidratación osmótica.

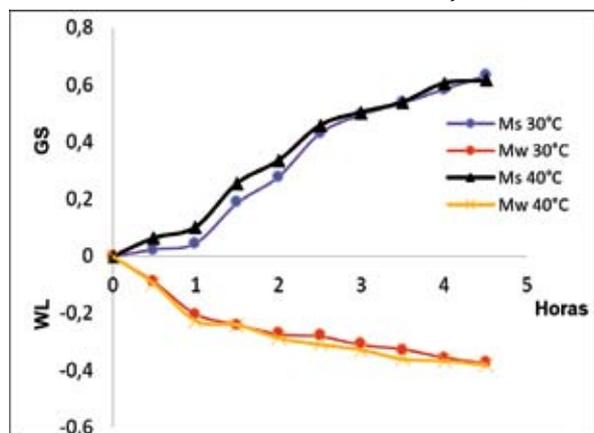
**Figura 2**

*GS (ganancia de sólidos) y WL (pérdida de agua) en el deshidratado osmótico de mashua amarilla a 37,5 °Brix (30 °C y 40 °C).*



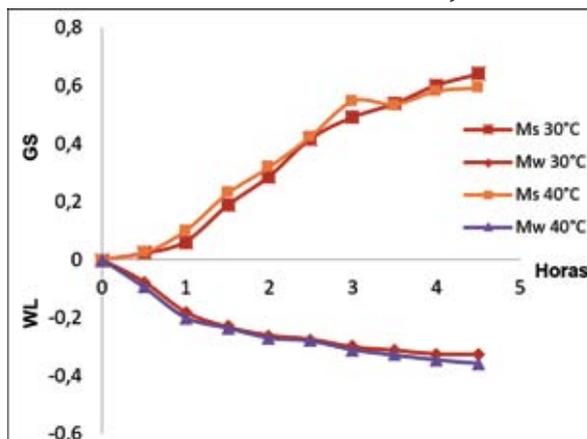
**Figura 3**

*GS (ganancia de sólidos) y WL (pérdida de agua) en el deshidratado osmótico de Mashua amarilla a 41,5 °Brix (30 °C y 40 °C).*



**Figura 4**

*GS (ganancia de sólidos) y WL (pérdida de agua) en el deshidratado osmótico de Mashua amarilla a 48,5 °Brix (30 °C y 40 °C).*



**Polifenoles totales y capacidad antioxidante de la mashua amarilla deshidratada osmoticamente**

En la Tabla 4, se muestra los polifenoles totales y capacidad antioxidante en la mashua amarilla deshidratada osmoticamente a las 4,5 horas.

**Tabla 4**

*Polifenoles totales y capacidad antioxidante de la mashua amarilla deshidratada osmoticamente.*

Tratamientos	Polifenoles totales mg EAG/g MS	Capacidad antioxidante
		ABTS ●+ µmol TE/g MS
Fresca	9,12 ± 0,18	23,94 ± 0,14
SO1,T1	7,13 ± 0,14	20,49 ± 0,15
SO1,T2	6,29 ± 0,12	18,75 ± 0,14
SO2,T1	7,57 ± 0,21	21,12 ± 0,16
SO2,T2	7,15 ± 0,16	20,65 ± 0,11
SO3,T1	6,47 ± 0,1	19,72 ± 0,1
SO3,T2	6,04 ± 0,21	17,68 ± 0,12

*Nota:* EAG = Equivalente de ácido gálico, MS = materia seca  
Valores promedio de 3 repeticiones ± desviación estándar

**Discusión**

El contenido de humedad de la mashua amarilla fresca fue 88,14 % ± 0,11, valor que se encuentra en el rango reportado por Chirinos et al. (2008), las diferencias son por la variedad o procedencia. En el acondicionamiento, la acidez disminuye a 0,76 ± 0,04 % (expresado en ácido oxálico) y el pH se aumenta ligeramente a 6,7; la picantez que presenta en estado fresco es por los glucosinolatos y por el escaldado se hidrolizan y se transforman en isotiocianatos disminuyendo la picantez (Manrique et al., 2013).

**Efecto de la concentración y temperatura en la pérdida de peso, ganancia de sólidos y pérdida de agua en la DO de la mashua**

### Pérdida de peso porcentual (PP%)

En la Tabla 3, se observa que los valores de (PP%) oscilaron entre  $19.24 \pm 0.02$  y  $23.56 \pm 0.07$  para las 4,5 horas de (DO). En la Figura 1, se observa que a medida que se incrementa la concentración en el rango de 37,5 °Brix y 48,5 °Brix, la pérdida de peso en la fruta disminuye, se incrementa ligeramente al aumentar la temperatura de 30 °C a 40 °C, comportamiento similar describe Garzón (2014) y Della (2010), las temperaturas altas favorecerán los movimientos moleculares como resultado de una mayor energía cinética y un mayor grado de libertad (Alakali, Ariahu & Nkpa, 2006).

En el ANVA, el factor concentración, factor temperatura y la interacción (concentración y temperatura) tienen efecto significativo con una ( $p < 0,05$ ) sobre la (PP%), las concentraciones y temperaturas actúan dependientemente, se aprecia en los valores de los tratamientos en donde el tratamiento con una concentración de 37,5 °Brix y temperatura 40 °C presenta el mayor (PP%)  $23.56 \% \pm 0.07$ .

### Ganancia de sólidos (GS)

En la Tabla 3, se observa que cuando se incrementa la concentración de 41,5 y 48,5 °brix, la tasa de (GS) disminuye ligeramente, al aumentar la temperatura de 30 a 40 °C. A la concentración de 37,5 °Brix, la tasa de (GS) aumenta ligeramente con la temperatura. El tratamiento (37,5 °Brix y 40 °C) presentó la mayor tasa de (GS)  $0.715 \pm 0.003$  g de sólido/g fruta. Una solución menos concentrada penetra fácilmente en los tejidos, mientras que la de mayor concentración tiene mayor viscosidad e impide el ingreso de solutos que se encuentran en la solución al formar una película de un espesor mayor (Rocca & Mascheroni, 2011), la (GS) aumenta la gradiente osmótica y, por lo tanto, la fuerza impulsora y la velocidad de difusión (Alakali et al., 2006). En las figuras 2, 3 y 4 se puede observar que las tasa de variación de masa de sólidos (GS) al ser positiva y creciente en el tiempo, indica que presenta una ganancia de sólidos para los tres tratamientos.

En el ANVA, el factor concentración, factor temperatura y la interacción (concentración y temperatura) tienen efecto significativo con una ( $p < 0,05$ ) sobre la tasa de ganancia de sólidos (GS) es decir las concentraciones y las temperaturas actúan dependientemente, resultado similar presentó Liu et al. (2019).

### Pérdida de agua (WL)

En la Tabla 3, se observa que los valores de la tasa de (WL) oscilaron entre  $0,325 \pm 0.004$  y  $0,388 \pm 0.006$  g de agua/g de fruta, para las 4,5 horas de (DO). A medida que se incrementa la concentración en el rango de 37,5 °Brix y 48,5 °Brix, la tasa de (WL) aumenta ligeramente con la temperatura de 30 °C a 40 °C.

En las figuras 2, 3 y 4, se observa que la tasa de (WL) es negativa y decreciente con el tiempo, lo que indica que éstas representan pérdida de masa en la fruta. Comportamiento similar reportó Sacchetti, Gianotti & Dalla Rosa (2001) y Liu et al. (2019).

La mayor tasa de (WL) se presentó en el tratamiento a 37,5 °Brix y 40 °C. En todos los tratamientos, en la primera hora del (DO) disminuye considerablemente la (WL) después de este tiempo disminuye la velocidad de salida de agua.

En el ANVA, el factor concentración, factor temperatura y la interacción (concentración y temperatura) tienen efecto significativo con una ( $p < 0,05$ ) sobre la tasa de pérdida de agua (WL).

La concentración y temperatura de la solución osmótica son factores importantes que afecta la transferencia de masa osmótica (Liu et al., 2019), en la DO de trozos de sandía con tres concentraciones de solución de sacarosa (40, 50 y 60 ° Brix), la pérdida de agua y la ganancia sólidos es mayor a concentración es mayores de solución osmótica (Falade, Igbeka & Ayanwuyi, 2007).

### Efecto de la concentración y la temperatura en los polifenoles totales y la capacidad antioxidante en la DO de la mashua

En la Tabla 4, se muestra el contenido de polifenoles totales en el DO de mashua amarilla que varía desde  $6,04 \pm 0,21$  mg EAG/g MS a  $7,57 \pm 0,21$  mg EAG/g MS, en el que se puede observar que hay pérdidas del 17 al 37,77 % con respecto a la mashua fresca, la pérdida de polifenoles totales es porque en el DO, se produce transferencia de masa simultánea de salida de agua e ingreso de sólidos, lixiviación de polifenoles, vitaminas y otros minerales de la fruta a la solución osmótica en una magnitud insignificante en comparación con las otras (Akharume, Singh & Sivanandan, 2019; Liu et al., 2019); en el secado con aire caliente se produce disminución de polifenoles por oxidación enzimática (Kyi et al., 2005); el escaldado realizado en el acondicionamiento disminuye los polifenoles por que son termolábiles y comienzan a degradarse a temperaturas mayores a 40 °C (Kuskoski et al. 2005).

La capacidad antioxidante hidrofílica por ABTS en el DO de mashua amarilla tiene valores desde  $17,68 \pm 0,12$   $\mu\text{mol TE/g MS}$  a  $21,12 \pm 0,16$   $\mu\text{mol TE/g MS}$ ; en todos los tratamientos presentó disminución, que puede ser por diferentes factores. Los métodos de cocción ocasionan pérdidas en los valores de la capacidad antioxidante total (Pellegrini et al., 2010), por el corte realizado previo a la escaldado (Agostini, Morón, Ramón & Ayala, 2004); la pérdida también es por las acciones enzimáticas por el estrés por cortes, pelado y rebanado (Nicoli et al., 1999). La mayor retención de actividad antioxidante hidrofílica corresponde al tratamiento 41,5 °Brix y 30 °C.

La interacción del factor concentración y temperatura ejercieron influencia significativa ( $P < 0,05$ ) en el contenido de polifenoles totales y capacidad antioxidante por el método ABTS.

## Conclusiones

- La interacción de concentración de la solución osmótica (jarabe invertido de sacarosa y jugo de maracuyá) y temperatura tienen efectos estadísticamente significativos en la pérdida porcentual de peso (PP%), tasa de ganancia de sólidos (GS), tasa de pérdida de agua (WL), contenido de polifenoles y capacidad antioxidante.
- El tratamiento a 37,5 °Brix y 40 °C presentó la mayor (PP%)  $23.56\% \pm 0.07$ , mayor tasa de (GS)  $0,715 \pm 0.003$  g de sólido/g fruta y mayor tasa de (WL)  $0.388 \pm 0.006$  g de agua/g fruta.
- El tratamiento a 41,5 °Brix y 30 °C presentó la menor pérdida polifenoles totales y capacidad antioxidante  $7,57 \pm 0,21$  mg EAG/g MS y  $21,12 \pm 0,16$   $\mu\text{molTE/g}$  MS respectivamente.

## Recomendaciones

- Desarrollar la cinética en la deshidratación osmótica referida a la ganancia o pérdida de vitamina A y C y evaluar sensorialmente.
- Realizar la cinética en el DO con soluciones osmóticas de extracto yacón, jugo de caña de maíz, miel de abeja betacaroteno.

## Referencias bibliográficas

- Agostini, L. R.; Morón Jiménez, M. J.; Ramón, A. N. & Ayala Gómez, A. (2004). *Determinación de la capacidad antioxidante de flavonoides en frutas y verduras frescas y tratadas térmicamente*. Archivos Latinoamericanos de Nutrición, 54(1), 89–92.
- Ahmed, I.; Qazi, I. M. & Jamal, S. (2016). *Developments in osmotic dehydration technique for the preservation of fruits and vegetables*. Innovative Food Science and Emerging Technologies, 34, 29–43. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2016.01.003>
- Akharume, F.; Singh, K. & Sivanandan, L. (2019). *Effects of liquid smoke infusion on osmotic dehydration kinetics and microstructural characteristics of apple cubes*. Journal of Food Engineering, 246, 51–57. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2018.10.030>
- Alakali, J. S.; Ariaahu, C. C. & Nkpa, N. N. (2006). *Kinetics of osmotic dehydration of mango*. Journal of Food Processing and Preservation, 30(5), 597–607. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4549.2006.00080.x>
- Assis, F. R.; Manuel, R.; Costa, S.; María, A. & Bernardo, M. (2018). *Case study mathematical modeling of the osmotic dehydration of physalis*. Modelagem matemática da desidratação osmótica da physalis. <https://doi.org/10.1590/1981-6723.10217>
- Betalalleluz-Pallardel, I.; Chirinos, R.; Rogez, H.; Pedreschi, R. & Campos, D. (2012). *Phenolic compounds from Andean mashua (Tropaeolum tuberosum) tubers display protection against soybean oil oxidation*. Food Science and Technology International, 18(3), 271–280. <https://doi.org/10.1177/1082013211427794>
- Chirinos, R.; Campos, D.; Warnier, M.; Pedreschi, R.; Rees, J. F. & Larondelle, Y. (2008). *Antioxidant properties of mashua (Tropaeolum tuberosum) phenolic extracts against oxidative damage using biological in vitro assays*. Food Chemistry, 111(1), 98–105. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.03.038>
- Chirinos, R.; Rogez, H.; Campos, D.; Pedreschi, R. & Larondelle, Y. (2007). *Optimization of extraction conditions of antioxidant phenolic compounds from mashua (Tropaeolum tuberosum Ruiz & Pavón) tubers*. Separation and Purification Technology, 55(2), 217–225. <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2006.12.005>
- Domínguez-Rodríguez, G.; García, M. C.; Plaza, M. & Marina, M. L. (2019). *Revalorization of Passiflora species peels as a sustainable source of antioxidant phenolic compounds*. Science of the Total Environment, 696, 134030. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134030>
- Falade, K. O.; Igbeka, J. C. & Ayanwuyi, F. A. (2007). *Kinetics of mass transfer and colour changes during osmotic dehydration of watermelon*. Journal of Food Engineering, 80(3), 979–985. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2006.06.033>
- Guiamba, I.; Ahrné, L.; Khan, M. A. M. & Svanberg, U. (2016). *Retention of  $\beta$ -carotene and vitamin C in dried mango osmotically pretreated with osmotic solutions containing calcium or ascorbic acid*. Food and Bioprocess Technology, 98, 320–326. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2016.02.010>
- Kyi, T. M.; Daud, W. R. W.; Mohamad, A. B.; Samudin, M. W.; Kadhun, A. A. H. & Talib, M. Z. M. (2005). *The kinetics of polyphenol degradation during the drying of Malaysian cocoa beans*. International Journal of Food Science and Technology, 40(3), 323–331. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2005.00959.x>
- Leidi, E. O.; Altamirano, A. M.; Mercado, G.; Rodríguez, J. P.; Ramos, A.; Alandia, G.; ... Jacobsen, S. E. (2018). *Andean roots and tubers crops*

- as sources of functional foods. *Journal of Functional Foods*, 51(August), 86–93. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2018.10.007>
- Liu, B.; Feng, W. & Peng, B. (2019). *Modeling and optimization of process parameters for improving osmotic dehydration of kiwifruit*. *Italian Journal of Food Science*, 31(1), 75–86.
- Manrique, I.; Arbizu, C.; Vivanco, F.; Gonzáles, R.; Ramírez, C.; Chávez, O.; ... Ellis, D. (2013). *Tropaeolum tuberosum* Ruiz & Pav. Colección de germoplasma de mashua conservada en el Centro Internacional de la Papa (CIP). In *Journal of Chemical Information and Modeling* (Vol. 53). <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Mascheroni, R. H.; Scientific, N. & Ramallo, L. A. (2016). *Incorporación de vitamina C y calcio durante el proceso de deshidratación osmótica de ananá*. (November).
- Nagai, L. Y.; Santos, A. B.; Faria, F. A.; Boscolo, M. & Mauro, M. A. (2015). *Osmotic Dehydration of Mango with Ascorbic Acid Impregnation: Influence of Process Variables*. *Journal of Food Processing and Preservation*, 39(4), 384–393. <https://doi.org/10.1111/jfpp.12243>
- Pellegrini, N.; Chiavaro, E.; Gardana, C.; Mazzeo, T.; Contino, D.; Gallo, M.; ... Porrini, M. (2010). *Effect of different cooking methods on color, phytochemical concentration, and antioxidant capacity of raw and frozen brassica vegetables*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58(7), 4310–4321. <https://doi.org/10.1021/jf904306r>
- Rocca, P. Della & Mascheroni, R. (2011). *Deshidratación de papas por métodos combinados de secado: deshidratación osmótica, secado por microondas y convección con aire caliente I*. *Proyecciones*, 9(2), 11–26. Retrieved from file:///D:/INV2019/ART ESPAÑOL DO/della2011 do papa.pdf
- Sacchetti, G.; Gianotti, A. & Dalla Rosa, M. (2001). *Sucrose-salt combined effects on mass transfer kinetics and product acceptability. Study on apple osmotic treatments*. *Journal of Food Engineering*, 49(2–3), 163–173. [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(00\)00206-5](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(00)00206-5)
- Silva, K. S.; Fernández, M. A. & Mauro, M. A. (2014). *Effect of calcium on the osmotic dehydration kinetics and quality of pineapple*. *Journal of Food Engineering*, 134, 37–44. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2014.02.020>
- Tortoe, C. (2010). *A review of osmodehydration for food industry*. *African Journal of Food Science*, 4(6), 303–324. Retrieved from <http://www.academicjournals.org/ajfs>
- Vega-Gálvez, A.; Palacios, M.; Boglio, F.; Pássaro, C.; Jeréz, C. & Lemus-mondaca, R. (2007). *Influencia de la temperatura y concentración de la solución sobre la cinética de transferencia de materia*. *Ciência Tecnologia Alimentos Campinas*, 27(3), 470–477.
- Yadav, A. K. & Singh, S. V. (2014). *Osmotic dehydration of fruits and vegetables: a review*. *Journal of Food Science and Technology*, 51(9), 1654–1673. <https://doi.org/10.1007/s13197-012-0659-2>





# Sistema de monitoreo inteligente para controlar los factores ambientales de un invernadero en la región Junín

## Intelligent monitoring system to control the environmental factors of a greenhouse in the Junín region

Arturo Gamarra Moreno<sup>1</sup>, José Antonio Taipe Castro<sup>1</sup>, Mario Alfonso Arellano Vélchez<sup>1</sup>, Yovany Damicela Lozano Paulino<sup>2</sup>

E-mail: [ahgamarra@uncp.edu.pe](mailto:ahgamarra@uncp.edu.pe) / [jtaipe@uncp.edu.pe](mailto:jtaipe@uncp.edu.pe) / [marellano@uncp.edu.pe](mailto:marellano@uncp.edu.pe) / [e\\_0009120590b@uncp.edu.pe](mailto:e_0009120590b@uncp.edu.pe)

### Cómo citar

Gamarra Moreno, A.; Taipe Castro, J. A.; Arellano Vélchez, M. A. & Lozano Paulino, Y. D. (2020). *Sistema de monitoreo inteligente para controlar los factores ambientales de un invernadero en la región Junín*. *Prospectiva Universitaria*, Revista de la UNCP. 17(1), 47-57. <https://doi.org/10.26490/uncp.prospectivauniversitaria.2020.17.1381>

### Resumen

El control de los factores climáticos mediante el uso de invernaderos es importante para mejorar la producción y la calidad de los cultivos; sin embargo, se requiere que estos invernaderos cuenten con un sistema meteorológico que mida valores de humedad, temperatura, iluminación y otros. Para el presente estudio se formuló como problema la siguiente pregunta de investigación: ¿Cómo un sistema de monitoreo inteligente controla los factores ambientales en un prototipo de un invernadero real para la producción de espinacas?; la cual, ha requerido la elaboración de un prototipo para comprobar que la temperatura, la humedad relativa y la humedad del suelo no sobrepasen los valores de control asignados previamente. El estudio es de enfoque cualitativo y cuantitativo requirió la presentación de las características del comportamiento del prototipo y la medición de los factores ambientales del invernadero; así mismo, corresponde a la investigación tecnológica, debido a que se aplicó el conocimiento científico para plantear una solución al problema formulado y, de este modo, proporcionar una contribución a la sociedad y específicamente a las actividades agrícolas. El prototipo de un sistema de control inteligente incluye el software y hardware requerido para controlar los factores ambientales de un invernadero en la región Junín. Luego del desarrollo de la investigación se concluye que, con un error del 5 %, se puede afirmar que los valores promedios de la temperatura (13,36 °C), humedad relativa (86,85 %) y humedad del suelo (83,25 %) medidos en el prototipo de un invernadero real no superan los valores máximos de control considerados para este estudio y que fueron de 15 °C, 90 % y 90 % respectivamente.

**Palabras clave:** sistema de monitoreo inteligente, Internet, factores ambientales, invernadero, producción agrícola

### Abstract

Controlling climatic factors through the use of greenhouses is important for improving crop production and quality, however these greenhouses are required to have a meteorological system that measure values of humidity, temperature, lighting, etc. The problem formulated for this research was: How does an intelligent monitoring system control environmental factors in a real prototype of a spinach production greenhouse? which has required the development of a prototype to verify that the temperature, relative humidity and soil moisture does not exceed the previously assigned control values. This qualitative and quantitative approach required the presentation of the characteristics of the prototype behaviour and the measurement of environmental factors of the greenhouse, besides, it is Technological Research, because scientific knowledge was applied to propose the formulated problem solution to contribute with society and specifically to agricultural activities. The prototype of an intelligent control system includes the software and hardware required to control environmental factors of a greenhouse in the Junin Region. After this research development, it is concluded that, with an error of 5 %, the average values of temperature (13.36 °C), relative humidity (86.85 %) and soil humidity (83.25 %) measured in the actual greenhouse prototype do not exceed the maximum control values considered for this study, which were 15 °C, 90 % and 90 % respectively.

**Keywords:** intelligent monitoring system, Internet of things, temperature, ambient humidity, soil humidity

<sup>1</sup>Docentes de la Facultad de Ingeniería Mecánica - UNCP / Investigador externo

## Introducción

El continuo desarrollo de la Internet permite, hoy en día, que el monitoreo en tiempo real sea una realidad; de esta manera, los productores agrícolas tienen la posibilidad de monitorear y controlar el medio de producción agrícola a través de este medio y, esto es gracias al denominado control inteligente de la agricultura; tal es así, que en diversos países se han llevado estudios relacionados con la agricultura inteligente, donde puede distinguirse dos enfoques totalmente característicos que tienen que ver en; el primer caso, con el sistema de suministro y comercialización de productos agrícolas, que es análogo al centro comercial electrónico y; el segundo caso, corresponde a los estudios en los que el índice de producción de cultivos puede ser monitoreado y analizado.

En la región Junín existen muchos invernaderos que son utilizados para disminuir las adversidades climáticas que perjudican la actividad agrícola, pero es necesario monitorear los parámetros climáticos con el fin de mejorar la producción, por lo que el problema planteado es ¿cómo es el comportamiento de los factores ambientales de un invernadero en la región Junín? El propósito que se pretende alcanzar es la elaboración del prototipo que sirva para monitorear y controlar los parámetros climáticos en un invernadero y, su importancia radica en tener control de los parámetros del entorno de las plantas, que serán utilizadas para mejorar la producción y calidad de dichas plantaciones. En lo que respecta a las tecnologías de control climático, hay diversidad de sistemas de control que tienen un costo alto, ya que estas tecnologías están destinadas al uso en invernaderos de producción a gran escala. Por lo que se tuvo que elaborar un prototipo, con el que se logró determinar el comportamiento de la temperatura, la humedad del ambiente y la humedad del suelo, el cual fue el objetivo de esta investigación.

Los trabajos relacionados, que permitieron dar sustento a esta investigación, se detallan a continuación:

Shi, Wang, Liu, Zhao & Huang (2011) desarrollaron hardware y software WSN (sensor de redes inalámbricas) para proporcionar funciones para la adquisición de datos medidos en tiempo real mediante la Internet, y mostrar el RSSI y la topología de los WSN dinámicamente; como también, para transmitir comandos de enlace descendente a los nodos sensores. Para la comprobación del sistema propuesto, realizaron experimentos tanto en el laboratorio como en el invernadero; de este modo, en una etapa inicial se desplegó una pequeña red ZigBee con varios nodos para la recopilación de datos de SHT11 y sensores de temperatura infrarrojos en el plano superior de la luz para complementar la selección de canales analógicos en el transformador; así mismo, se realizaron pruebas

experimentales para verificar el hardware propuesto y soluciones de software. En una segunda fase, el WSN se desplegó en el invernadero para evaluar el rendimiento del sistema en lo concerniente a la gama, robustez y flexibilidad.

Yu et al. (2017) presentaron el desarrollo de un sistema remoto inteligente de control de invernaderos de hongos, basado en la tecnología ZigBee; señalan que, con este sistema, no solo es más eficiente la producción y la automatización del invernadero, sino que además permite a los productores controlar los factores ambientales en la producción agrícola a través de la red móvil en cualquier momento y en cualquier lugar.

Liang & Tsai (2018) precisan que la programación automática convencional ha sido considerablemente utilizada para el control ambiental de invernaderos; sin embargo, este tipo de programación carece de percepción ambiental en tiempo real y control de retroalimentación, por cual el crecimiento del cultivo no es bien controlado. Por dicha razón, realizaron un estudio que consideró la integración de parámetros, como la temperatura, la humedad, la iluminación, la concentración de dióxido de carbono y la humedad del suelo en el invernadero del campus, que se utilizaron para mejorar el medio de desarrollo de los cultivos; para ello, utilizaron sensores para monitorear las condiciones ambientales y, seguidamente, los datos recopilados se transmitieron por conexión inalámbrica a un servidor remoto, dichos datos ambientales se almacenaron en una base de datos para el análisis estadístico correspondiente. Como resultado fundamental se obtuvo la posibilidad de cambiar estratégicamente las condiciones ambientales, para lograr un monitoreo y control inteligente.

Suryawanshi, Ramasamy, Umashankar & Sanjeevikumar (2018) indican que, en el actual contexto, monitorear un invernadero de manera automática mediante energía solar es una necesidad existente debido a las limitaciones de energía y el cambio climático; en tal sentido, propusieron un sistema que considera una nueva técnica para monitorear y controlar el ambiente del invernadero mediante el uso de módulos de sensores de costo reducido para el microcontrolador Arduino; así, con este sistema fue posible medir tres parámetros fundamentales, como son la humedad, la temperatura y la humedad del suelo cuyos valores se mostraron en una pantalla LCD. Los parámetros físicos, antes indicados, fueron controlados continuamente para el adecuado funcionamiento de la unidad de calefacción natural, el enfriador y el rociador, los mismos que fueron accionados por microcontroladores a través de un relé; por otro lado, se implementó una unidad de administración de energía efectiva que funcionaba

con energía solar, en este estudio se concluye que sí se pueden desarrollar ciudades inteligentes, también se pueden desarrollar granjas inteligentes.

Janpla, Kularbphettong & Chuandcham (2019) diseñaron y desarrollaron un sistema de control de monitoreo automático de crecimiento de la planta para evaluar el efecto del uso de este prototipo, se controlaron los factores ambientales significativos que afectan el crecimiento de las plantas, como la temperatura, la humedad, la luz y el agua; así, para llevar a cabo este proceso, la placa Arduino se adaptó para programar los distintos sensores empleados para controlar la temperatura y la humedad para el cultivo. La implementación de este prototipo consideró la preparación de la solución de nutrientes para plantas, así fue posible el diseño del sistema automatizado para controlar la apertura, siendo la mejor solución para el sistema de control automatizado. Entre los resultados principales, se obtuvo que la cantidad de plantas cultivadas en invernadero con cosecha fue del 25 % y el crecimiento de las plantas fue del 10 %; mientras que la cantidad de plantas cultivadas en condiciones normales, con cosecha fue del 10 % y el crecimiento de las mismas fue del 2 %.

Moummadi, Abidar, Medromi & Ziani (2019) señalan que los formalismos conducentes a los agentes de consulta actualmente se utilizan cada vez más en inteligencia artificial; su éxito se debe, en parte, a su fácil adaptación a las necesidades de las aplicaciones distribuidas en tiempo real. Como propósito, explicaron el diseño y la implementación de una singular plataforma llamada Control Remoto Seguro de Invernadero (SRCG), para el control del clima interior y exterior y, también, los parámetros del suelo que influyen en la producción en invernaderos, como temperatura, humedad, CO<sub>2</sub> y humedad del suelo; de esta forma, una red de sensores inalámbricos (WSN) provee información pertinente que se utiliza para controlar la ventilación, la calefacción y la bomba. En este caso, se buscó que el uso de SRCG evitara las acciones de monitoreo en el sitio, debido a que la plataforma desarrollada es fácil de instalar y utilizar por los agricultores que requerían conocimientos de informática; así, todos los agricultores pueden controlar sus invernaderos desde un dispositivo a distancia de una manera fácil y omnipresente, controlando actuadores para ajustar esos parámetros (ventilación, calefacción y riego por goteo); por otro lado, la arquitectura de esta plataforma se basa en sistemas de múltiples agentes (MAS) y un problema de satisfacción de restricciones distribuidas (DCSP), donde los MAS recopilan, integran y proporcionan la información de parámetros del clima recogidos por sensores distribuidos que sincronizan la información con un ordenador supervisor remoto.

Navarrete (2006) argumenta que entre las características climáticas promedio de 42 años evaluado entre los meses de enero y abril, para la humedad relativa se consideraron valores del 67 %, 69 %, 75 % y 82 % respectivamente; por otro lado, señala que se ejecutaron riegos semanales con el fin de mantener un nivel apropiado de humedad en el suelo, ello considerando que el periodo de cultivo correspondiente fue en la época estival.

A continuación, se presenta la teoría básica que se utilizó en este trabajo de investigación:

### Sistema de control automático

PRODUCTOS AGRI-NOVA Science (2015) señala que actualmente se cuenta con diversos sistemas de automatización con la capacidad de controlar los factores climáticos de los invernaderos; así mismo, generalmente estos sistemas utilizan un ordenador central al que se interconectan un conjunto de sensores, que acopian las variaciones de los distintos factores climáticos respecto a ciertos valores programados inicialmente; es decir, a través de este sistema se dispone de una pequeña estación meteorológica que verifica los valores correspondientes a la humedad, temperatura, iluminación, etc.

### Funcionamiento de un sistema de control genérico

Kennedy, Bertao, Arrúa y Ayala (2016) señalan que las variables obtenidas en un sistema de control de manera general mediante los sensores, son comprobados por un controlador que posee una orden asignada; así mismo, dicho controlador activa el actuador con el objetivo de cambiar las variables a sus valores ideales; por otro lado, en el sistema también estarán presentes señales que afectan adversamente a las variables de salidas, estas son las perturbaciones del sistema de control.

### Internet de las cosas (IoT)

Rodríguez, Betancourt y Germán (2016) indican que esa tecnología fue presentada y desarrollada por la red mundial de laboratorios de investigación Auto-ID Labs en 1999; así mismo, precisan que es una red fundamentada en la identificación por radiofrecuencia, que une objetos mediante dispositivos de detección e Internet, ello permite caracterizar en tiempo real cualquier tipo de dispositivo electrónico y/o componente ambiental.

Panda y Bhatnagar (2020), por otro lado argumentan que gracias al Internet de las cosas (IoT) es posible conectar cualquier tecnología (ordenadores, móviles, sensores, coche, cámara, electrodomésticos, etc.) con los protocolos determinados o definidos de Internet, ello para integrar múltiples tecnologías y enlazarlos

en tiempo real; permite también, la recopilación e intercambio de datos a través de una red sin el apoyo de la interacción de persona a persona o de persona a computadora, con el propósito de lograr una solución inteligente de cualquier problema.

### Sensores

Karvinen y Karvinen (2014) afirman que los sensores son elementos eléctricos que actúan como dispositivos de entrada; sin embargo, no todas las entradas son directamente sensores, pero la mayoría de las entradas usan sensores; así, el mouse, un teclado o el panel táctil de un ordenador o, inclusive una cámara web no son sensores, pero definitivamente emplean sensores en su diseño; adicionalmente, y de forma más abstracta, se pueden considerar a los sensores como dispositivos para medir un estímulo externo al sistema en el que se encuentran (su entorno), luego los datos de salida se fundamentan en la medición.

### Fotoreistor para medir luz

Karvinen y Karvinen (2014) afirman que el sensor más sencillo que permite detectar luz es un fotorresistor, así mismo, este elemento se denomina también sensor: resistencia dependiente de la luz (LDR) y funciona variando su resistencia en función de la cantidad de luz que lo afecta.

### Invernadero

Vega et al. (2018) dicen que un invernadero constituye una instalación encerrada compuesto de una infraestructura y equipamiento que preserva las plantas y semillas de las inclemencias del medio ambiente, permitiendo cultivar diversas plantaciones durante todo el año; por lo tanto, el correcto funcionamiento de un invernadero involucra el monitoreo constante de variables ambientales y la manipulación de las unidades que controlan el valor de dichas variables.

Diversos problemas se presentan en los invernaderos debido a la escasa experiencia en el campo y al número reducido de personal capacitado; así mismo, uno de los aspectos importantes de un invernadero es que tiene la capacidad de poseer internamente un microclima que puede ser controlado y que el clima exterior tenga poco o ningún efecto sobre el mismo (Palominos, 2017).

### Factores climáticos a controlar en un invernadero

Según PRODUCTOSAGRI-NOVA Science (2015) el tratamiento de los cultivos en sus distintas fases de desarrollo viene condicionado por cuatro factores climáticos (ó ambientales) que son: La temperatura, la humedad relativa, la luz y el dióxido de carbono CO<sub>2</sub>; por lo tanto, para que las plantas cumplan sus funciones se requiere de la interacción de dichos factores en-

tre ciertos límites mínimos y máximos para evitar el cese del metabolismo y la muertes de las plantas.

En MSC Invernaderos (2015) se especifica que los principales sistemas controlados en un invernadero inteligente tienen que ver con el control de: a) Los parámetros climáticos de cultivo, b) la periodicidad de riego y la aplicación de nutrientes, c) la medición de la temperatura y d) el control de radiación incidente.

### La agricultura en el Perú

Maletta (2017) argumenta que extremadamente diversificada y heterogénea es la agricultura en el Perú, ello debido fundamentalmente a las condiciones ecológicas y socioeconómicas en las micro-regiones; debido a ello, se requiere de un punto de vista altamente desagregado para su correspondiente comprensión y monitoreo. Según el estudio fundamentado en el Cuarto Censo Nacional Agropecuario del Perú efectuado en el 2012, la pequeña agricultura familiar constituye el 97 % de las fincas agropecuarias; por lo tanto, su interés fue la formulación de las recomendaciones para el desarrollo de un sistema de información y monitoreo de la agricultura peruana enfocado esencialmente a la pequeña agricultura familiar.

Marcelino, Casagrande, Cunha, Crotti & Gruber (2018) señalan que la pequeña agricultura familiar actualmente se viene incrementado considerablemente, primordialmente en los países en desarrollo y, es común que las familias dedicadas a esta actividad agrícola estén influenciadas por el clima; por lo tanto, para afrontar las adversidades que se puedan presentar se requieren soluciones de bajo costo tanto para el control, monitoreo y automatización de un invernadero agrícola.

### Factores ambientales en el cultivo de espinaca

Bacho (2011) cita a Taiz y Zeiger (1991) quienes, de manera general, señalan que el agua es el componente con mayor presencia en las células de las plantas, conformando entre el 80 y 95 % de la masa de los tejidos vivos; así mismo, indican que la luz constituye el factor de mayor importancia, debido a que la radiación que beneficia, es aquella que puede ser utilizada en fotosíntesis, de forma que la energía de los fotones incidentes puede ser transformada en energía celular (ATP).

Valverde (2014) dice que la temperatura promedio mensual mínima de crecimiento para la espinaca es de aproximadamente 5 °C; argumenta además que, esta hortaliza se desarrolla temperaturas muy bajas comprendidas entre los valores promedio mensual de 5 a 15 °C y que la iluminación es otro de los factores que contribuye para su desarrollo.

Vasco (2015) indica que la temperatura mínima mensual para el buen desarrollo de la planta es de 7 °C. Sin embargo, la espinaca es resistente aún a

0 °C, siempre y cuando esta temperatura no se mantenga por mucho tiempo (de lo contrario causa efectos negativos e irreversibles en el crecimiento); por otro lado, señala que la humedad relativa debe estar comprendida entre el 60 % y 75 %.

Calvo (2018) afirma que el cultivo de espinacas se adecua a las condiciones agroecológicas comprendidas entre 1430 y 2800 msnm; así mismo, señala que es posible alcanzar su crecimiento óptimo durante un tiempo relativamente frío; resistente a las heladas cuando estos no son de gran magnitud. Las temperaturas medias para el crecimiento son las siguientes: óptimo de 15 - 18 °C. Máximo de 24 °C y mínimo 5 °C.

## Métodos y materiales

Arias (2012) arguye que, considerando el nivel, la investigación se clasifica en exploratoria, descriptiva y explicativa; señala que, una investigación descriptiva radica en caracterizar un hecho, fenómeno, un sujeto o grupo con la finalidad de fundamentar su estructura o comportamiento. También, afirma que la estrategia general que implanta el investigador para dar respuesta al problema planteado corresponde al diseño de investigación, el mismo que se clasifica en: a) diseño documental, b) diseño de campo (no experimental) y c) diseño experimental. Con respecto al diseño de campo - no experimental indica que se caracteriza por el acopio de datos directamente de los sujetos de estudio o del contexto o realidad donde se suscitan dichos hechos (son datos primarios), no se efectúa manipulación o control de variable alguna; por lo tanto, el investigador consigue la información pero no modifica las condiciones existentes; debido a ello, el diseño de investigación de campo se denomina también diseño de investigación no experimental.

Sánchez, Reyes y Mejía (2018) afirman que no siempre la hipótesis está presente en una investigación descriptiva, pero si deben partir de un supuesto anticipado básico; por otro lado, alegan que el concepto de prototipo que se refiere a un modelo o molde inicial en que se elabora una figura u otro objeto, se utiliza en la investigación e innovación tecnológica que de manera general está estrechamente ligado con la investigación tecnológica que demanda de un proceso planificado, sistemático y metódico de investigación que se ejecuta para probar su efectividad.

Hernández, Fernández y Baptista (2014) citan a Creswell (2013) y a Lieber & Weisner (2010) quienes señalan que los métodos mixtos (cualitativo y cuantitativo) emplean evidencia de datos numéricos, verbales, textuales, visuales, simbólicos y de otras variedades para entender problemas en las ciencias; por otro lado, afirman que el enfoque cuantitativo, a través de la recolección de datos, permite comprobar hipótesis

considerando la medición numérica y el análisis estadístico; mientras que, el enfoque cualitativo mediante la recolección y análisis de los datos permite mejorar las preguntas de investigación o formular nuevas interrogaciones en el proceso de interpretación.

Basado en lo expuesto anteriormente, se pasa a detallar la metodología empleada para el desarrollo del sistema de monitoreo inteligente para controlar los factores ambientales de un invernadero en la región Junín, que en este caso constituyó en la unidad de estudio propuesto. El prototipo desarrollado incluyó los siguientes sensores: Sensor de temperatura y humedad relativa DHT11, sensor de humedad de suelo y un sensor de luz (sensor fotoeléctrico); de igual manera, se requirió la plataforma de desarrollo NodeMcu v2 - ESP8266 utilizado para una gama de proyectos fundamentados en Internet de las cosas (IoT) ya que incorpora una unidad de microcontrolador como módulo principal de procesamiento al igual que de un módulo de transmisión de datos ESP8266 módulo Wi-Fi (NodeMCU). La unidad de microcontrolador constituye una parte importante del sistema desarrollado porque, juntamente con un driver de potencia, permite el control de la bomba de agua sumergible de 30 W que se caracteriza por tener un tamaño reducido, bajo consumo de energía eléctrica y ha sido diseñado fundamentalmente para operar de modo continuo y sumergido; así mismo, la inclusión del driver ubicado entre el microcontrolador y la bomba fue obligatoria debido a que los valores de corriente y voltaje de la bomba son mayores a los utilizados por el microcontrolador; por tanto, una conexión directa sin la consideración de este driver de potencia hubiese originado daño al circuito.

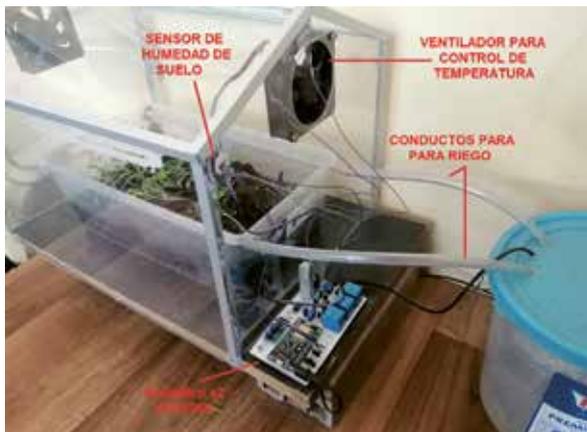
Para el control de temperatura mediante el sensor DHT11, se consideró en primer lugar la calibración de laboratorio de este dispositivo y luego el rango de temperatura recomendado para el cultivo y desarrollo de la espinaca, en este caso a través de la programación se tuvo en cuenta un intervalo de temperatura entre 5 °C y 15 °C; si en caso sobrepasara la temperatura máxima de 15 °C entran en funcionamiento los ventiladores mostrados en la Figura 1; en este caso, los dos ventiladores que fueron instalados son de 24 VDC del tipo axial, flujo de aire 36.37 CFM, velocidad 2900 RPM y dimensiones 80 mm x 80 mm x 25 mm.

Debido a que los valores de humedad relativa del ambiente adecuado para el desarrollo de la espinaca son variables de acuerdo a la información revisada para la ejecución de este proyecto y; como el objetivo fue que mediante la programación en Arduino IDE se logre controlar los factores ambientales dentro del prototipo de un invernadero real entre los que se tuvo la humedad relativa se tuvo en cuenta para el presente estudio que este parámetro no sea mayor al 90 %.

En cuanto al sensor de humedad de suelo mostrado en la Figura 2, las puntas de este componente fueron colocados directamente en el terreno de cultivo de la espinaca, fue posible obtener el nivel de humedad ya que gracias a este elemento se tiene la posibilidad con una precisión relativa de conocer si la tierra se encuentra seca, húmeda o posee excesiva cantidad de agua; en este caso, también se controló que la humedad del suelo no sobrepase el valor de 90 %.

### Figura 1

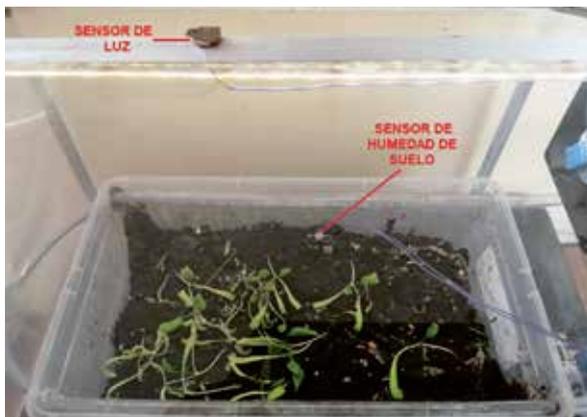
Placa NodeMcu v2 - ESP8266, ventiladores para control de temperatura, conductos para riego y sensor de humedad de suelo. Los componentes señalados forman partes indispensables del prototipo desarrollado.



Gracias a la placa de desarrollo NodeMcu v2-ESP8266, también fue posible la elaboración de códigos de programación directamente en IDE de Arduino, lo cual permitió censar las condiciones del invernadero y luego enviar los datos a ThingSpeak, en este caso ello hizo posible monitorear las magnitudes físicas relacionadas con el cultivo de la espinaca consideradas en este proyecto; del mismo modo, tal como se muestra en la Figura 2, se instaló un sensor de luz que activa la iluminación del invernadero, ello contribuye con el desarrollo de esta planta.

### Figura 2

Sensor de humedad de suelo unido a la tierra donde se cultivó la espinaca y; sensor de luz ubicado en la superficie externa. Imagen obtenida a partir del prototipo desarrollado.



Para el análisis basado en el enfoque cuantitativo de investigación se tuvo en cuenta el número de registro de lecturas de los parámetros de tiempo; es decir, los 9693 datos correspondientes a la temperatura, humedad relativa y humedad del suelo, los mismos que se obtuvieron entre los meses de marzo a Julio desde la aplicación web ThingSpeak.

Para la prueba estadística realizada se tuvo en cuenta que los valores promedios de la temperatura, humedad relativa y humedad del suelo no sobrepasen ciertos valores, considerados medidas de control a partir de los fundamentos teóricos y antecedentes revisados para el desarrollo de esta investigación.

Para verificar lo anteriormente indicado, y para cada uno de los casos, se realizó la prueba estadística con respecto a una media cuyo modelo matemático es:

$$Z = (\bar{X} - \mu) / (\sigma / \sqrt{n}) \quad (1)$$

Walpole, Myers, Myers & Ye (2007) aseveran que la variable aleatoria  $\bar{X}$  tiene una distribución aproximadamente normal con media  $\mu$  y varianza  $\sigma^2/n$  para tamaños de muestras convenientemente grandes.

Luego las hipótesis formuladas para este estudio fueron:

Para la temperatura:

H0: La temperatura media, obtenida por el sistema de monitoreo inteligente del invernadero, no es menor a la temperatura máxima de control considerada.

H1: La temperatura media, obtenida por el sistema de monitoreo inteligente del invernadero, es menor a la temperatura máxima de control considerada.

Para la humedad relativa:

H0: La humedad relativa media, obtenida por el sistema de monitoreo inteligente del invernadero, no es menor a la temperatura máxima de control considerada.

H1: La humedad relativa media, obtenida por el sistema de monitoreo inteligente del invernadero, es menor a la temperatura máxima de control considerada.

Para la humedad del suelo:

H0: La humedad media del suelo, obtenida por el sistema de monitoreo inteligente del invernadero, no es menor a la temperatura máxima de control considerada.

H1: La humedad media del suelo, obtenida por el sistema de monitoreo inteligente del invernadero,

es menor a la temperatura máxima de control considerada.

Las aplicaciones informáticas utilizados para realizar el análisis de los datos fueron el Ms Excel y el IBM SPSS Statistics 25, este último, con los arreglos del caso, permitieron realizar las pruebas estadísticas requeridas.

### Resultados

Para la obtención de los resultados fue necesario, tal como se muestra en la Figura 3, ubicar el prototipo del invernadero en contacto directo con el medio ambiente, por que en un caso real sucedería lo mismo, luego es razonable considerar que los factores climáticos del medio ambiente tendrán efecto sobre los parámetros ambientales que se presentan en el prototipo desarrollado.

**Figura 3**

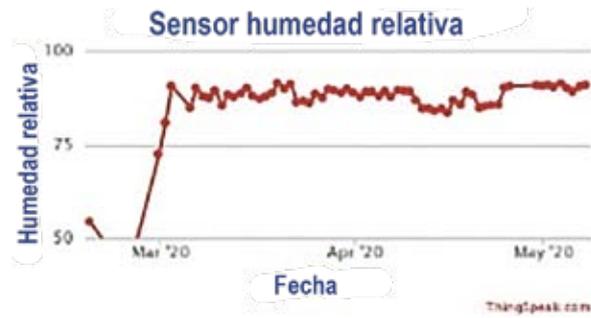
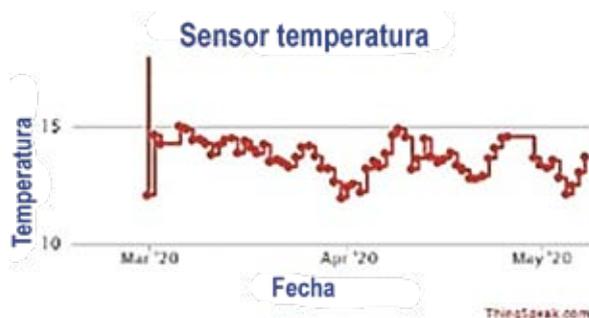
Ubicación del prototipo de un invernadero real en contacto directo con el medio ambiente. Imagen obtenida a partir del prototipo desarrollado y lugar de ubicación.



Los resultados de los parámetros ambientales controlados y obtenidos en el prototipo del invernadero se obtuvieron a partir de la aplicación web ThingSpeak, tal como se ilustran en la Figura 4 y en la Figura 5 respectivamente.

**Figura 4**

Valores de temperatura y humedad relativa registrados en el mes de mayo.



Fuente: Obtenidas de la aplicación ThingSpeak para proyectos de Internet de las Cosas.

**Figura 5**

Valores de temperatura y humedad relativa registrados en el mes de julio.



Fuente: Obtenidas de la aplicación ThingSpeak para proyectos de Internet de las Cosas.

Los 9 693 datos de temperatura, humedad relativa y humedad del suelo obtenidos generalmente con un intervalo de tiempo de 10 minutos entre los meses de marzo a julio del 2020 mediante la aplicación web ThingSpeak fueron exportados al Ms Excel considerando los campos que se indican en la Tabla 1.

**Tabla 1**

Datos de temperatura, humedad relativa y humedad del suelo exportados del ThingSpeak al Ms Excel

No	Fecha - Hora	Temp. (°C)	Humedad relativa (%)	Humedad del suelo (%)
1	02/03/2020 11:44	15,2	68	85
2	02/03/2020 11:54	15,2	74	91
3	02/03/2020 12:04	15,2	83	93
4	02/03/2020 12:14	15,2	81	94

5	02/03/2020 12:24	15,2	88	95
6	02/03/2020 12:34	15,2	88	95
:	:	:	:	:
:	:	:	:	:
1947	20/03/2020 1:32	13,6	92	84
1948	20/03/2020 1:42	13,6	92	84
1949	20/03/2020 1:52	13,6	92	84
1950	20/03/2020 2:02	13,6	92	84
1951	20/03/2020 2:12	13,6	92	84
1952	20/03/2020 2:22	13,6	92	84
:	:	:	:	:
:	:	:	:	:
4078	04/04/2020 9:53	12,8	92	87
4079	04/04/2020 10:03	12,8	92	87
4090	04/04/2020 10:13	12,8	82	87
4091	04/04/2020 10:23	13,6	83	87
4092	04/04/2020 10:33	12,8	88	87
:	:	:	:	:
:	:	:	:	:
9691	30/07/2020 11:13	11,2	91	86
9692	30/07/2020 11:43	12	90	86
9693	30/07/2020 12:13	11,2	90	86

A partir de los datos mostrados en la Tabla 1 se obtuvo los estadísticos descriptivos correspondientes a los parámetros ambientales de temperatura, humedad relativa y humedad del suelo durante los meses de marzo a julio del 2020, dichos valores se muestran en la Tabla 2.

**Tabla 2**

Estadísticos descriptivos de temperatura, humedad relativa y humedad

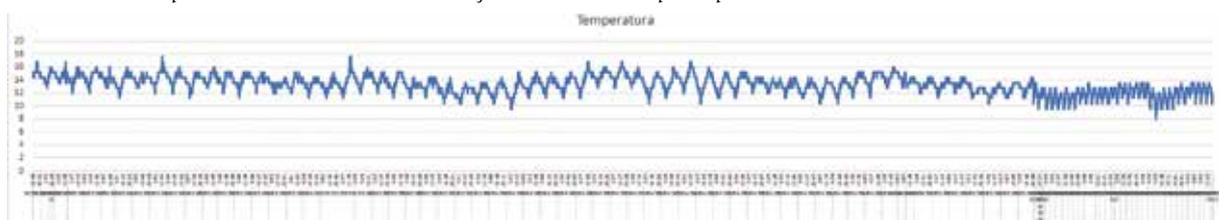
	Temp. (°C)	Humedad relativa (%)	Humedad del suelo (%)
N	Válido	9693	9693
	Perdidos	0	0
Media	13,3615	86,8593	83,2596
Mediana	13,6000	91,0000	84,0000
Moda	13,60	92,00	84,00
Desv. Desviación	1,30713	7,49959	3,74349
Mínimo	8,00	37,00	64,00
Máximo	17,60	93,00	99,00

**Fuente:** Estadísticos obtenidos a partir de datos históricos registrados entre los meses de marzo y julio del 2020.

Del mismo modo, tomando en cuenta que la cantidad de datos recolectados fueron considerables, tal como se observa en la Tabla 1, se elaboró los gráficos de línea que permiten observar los comportamientos de la temperatura, humedad relativa y humedad del suelo durante los meses de marzo a julio del 2020; entonces, teniendo en cuenta la Tabla 2 y las figuras 6, 7 y 8 respectivamente, se tiene que la temperatura promedio registrado en el prototipo del invernadero fue de 13,36 °C, valor que no superó a los 15 °C que fue la temperatura de control considerada para este estudio; ello, a pesar de que en algunas ocasiones se tuvieron temperaturas hasta de 17.6 °C. Con respecto a la humedad relativa, se tuvo que el valor promedio alcanzado en el prototipo del invernadero fue de 86,85 % que no superó al valor de control considerado que fue del 90 %; ello, pese a que en alguna oportunidad se tuvo 93 % de humedad relativa. Finalmente, también se obtuvo un valor promedio para la humedad del suelo igual a 83,25 % que tampoco superó al 90 % que se consideró como valor de control para la humedad del suelo; sin embargo, en alguna oportunidad se alcanzó cantidades de hasta 99 % de humedad del suelo.

**Figura 6**

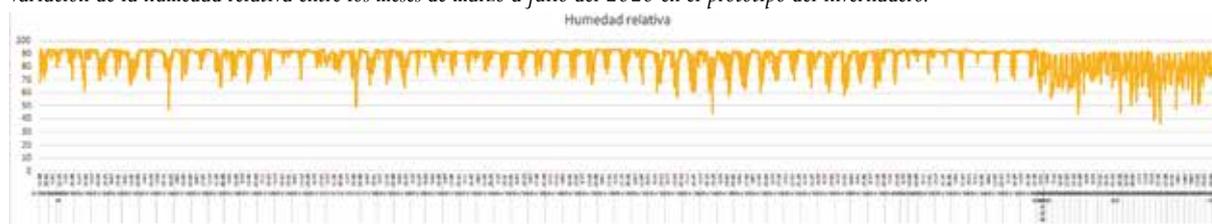
Variación de la temperatura entre los meses de marzo a julio del 2020 en el prototipo del invernadero.



**Fuente:** Obtenidas de los datos exportados del ThingSpeak al Ms Excel.

**Figura 7**

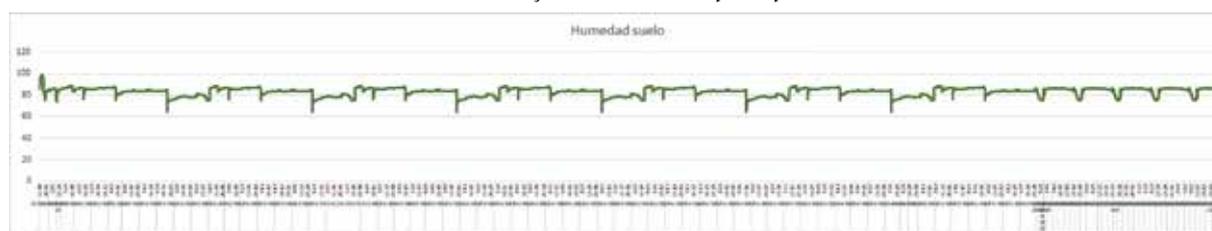
Variación de la humedad relativa entre los meses de marzo a julio del 2020 en el prototipo del invernadero.



Fuente: Obtenidas de los datos exportados del ThingSpeak al Ms Excel.

**Figura 8**

Variación de la humedad del suelo entre los meses de marzo a julio del 2020 en el prototipo del invernadero.



Fuente: Obtenidas de los datos exportados del ThingSpeak al Ms Excel.

A continuación, para verificar que la temperatura promedio del prototipo de invernadero no exceda los 15 °C se probó la hipótesis:

H0:  $\mu \geq 15$

H1:  $\mu < 15$

Los resultados de esta prueba se muestran en la Tabla 3.

**Tabla 3**

Prueba para una muestra - Temperatura

	Valor de prueba = 15					
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95 % de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
Temperatura	-123,414	9692	,000	-1,63852	-1,6645	-1,6125

Con un error del 5 %, se concluye que la temperatura media, obtenida por el sistema de monitoreo inteligente del invernadero, es menor a la temperatura máxima de control.

Para comprobar que la humedad relativa promedio del prototipo de invernadero no exceda al 90 %, se probó la hipótesis:

H0:  $\mu \geq 90$

H1:  $\mu < 90$

Los resultados de esta prueba se muestran en la Tabla 4.

**Tabla 4**

Prueba para una muestra – Humedad relativa

	Valor de prueba = 90					
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95 % de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
Hum Rel	-41,231	9692	,000	-3,14072	-3,2900	-2,9914

Con un error del 5 %, se concluye que la humedad relativa media, obtenida por el sistema de monitoreo inteligente del invernadero, es menor a la humedad relativa máxima de control.

Para evidenciar que la humedad promedio del suelo del prototipo de invernadero no exceda al 90 % se probó la hipótesis:

H0:  $\mu \geq 90$

H1:  $\mu < 90$

Los resultados de esta prueba se muestran en la Tabla 5.

**Tabla 5**

Prueba para una muestra – Humedad relativa

	Valor de prueba = 90					
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95 % de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
Hum Suelo	-177,272	9692	,000	-6,74043	-6,8150	-6,6659

Con un error del 5 %, se concluye que la humedad media del suelo, obtenida por el sistema de monitoreo inteligente del invernadero, es menor a la humedad del suelo máxima de control.

## Discusión

La elaboración del sistema de monitoreo inteligente para controlar los factores ambientales de un invernadero, permite incorporar esta tecnología en la población agrícola de nuestra región; para ello, se busca incorporar paulatinamente, tecnología de bajos costos y al alcance de todos. Se puede afirmar que es pertinente y razonable la idea de Maletta (2017), al indicar de que se requiere de la formulación de las recomendaciones para el desarrollo de un sistema de información y monitoreo de la agricultura peruana enfocado esencialmente a la pequeña agricultura familiar.

El sistema de monitoreo inteligente cubre la expectativa del agricultor, ya que se registra en tiempo real los parámetros de temperatura, humedad del ambiente y la humedad del suelo; de esta manera, se mantiene las condiciones para el cultivo.

En concordancia con Liang & Tsai (2018), quienes controlaron los parámetros de temperatura, la humedad y la humedad del suelo; sin embargo, a diferencia de dicho estudio, en esa oportunidad se descartó el control de la iluminación y la concentración de dióxido de carbono en el invernadero; pero, es preciso señalar algo fundamental, se pudo observar en ambos estudios la posibilidad de cambiar el comportamiento de los parámetros que se desean controlar de acuerdo a los requerimientos. En esta investigación realizada, sería a través de la selección y uso de componentes adecuados y mediante la programación en el IDE Arduino.

A diferencia de Suryawanshi, Ramasamy, Umashankar & Sanjeevikumar (2018), quienes utilizaron los módulos de sensores de costo reducido para el micro controlador Arduino; el cual hizo posible medir tres parámetros fundamentales, como son la humedad, la temperatura y la humedad del suelo cuyos valores se mostraron en una pantalla LCD. En este estudio, para realizar dichas mediciones, se utilizó la plataforma de desarrollo NodeMcu v2 - ESP8266 que también es de costo reducido, permitiendo el control de los parámetros físicos antes indicados; además, dicha plataforma permite igualmente, utilizar la programación en el IDE Arduino.

Conforme a lo señalado por Kennedy, Bertao, Arrúa & Ayala (2016), con respecto a la iluminación, es una variable obtenida por un sistema de control a través de un sensor de luz, dicha iluminación es por un controlador que posee una orden asignada; así mis-

mo, dicho controlador activa el actuador que en este caso permite contar con la iluminación cuando sea requerido para contribuir de manera significativa con el desarrollo de la planta.

## Conclusiones

- Se concluye que con un error del 5 % se puede afirmar que los valores promedios de la temperatura (13,36 °C), humedad relativa (86,85 %) y humedad del suelo (83,25 %) medidos en el prototipo de un invernadero real, no superan los valores máximos de control considerados para este estudio los cuales fueron de 15 °C, 90 % y 90 % respectivamente.

## Limitaciones

Es necesario tener en cuenta para pruebas que proporcionen resultados óptimos todas las características asociadas con el desarrollo de las plantas, pues existen una serie de variedades y; tener en cuenta, la participación de un especialista que contribuya con las investigaciones de este tipo para obtener resultados óptimos, esto fue una limitación en este estudio, ya que muchos valores se obtuvieron de otros estudios y teorías utilizadas y no se contó con la participación directa de un profesional del área.

## Referencias bibliográficas

- Bacho, J. (2011). Fotosíntesis, transpiración y rendimiento de espinaca (*Spinacia oleracea*, L) bajo diferentes condiciones de humedad y riego por goteo. Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro" Unidad Laguna. Retrieved from [http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/2708/JUAN\\_BACHO\\_SILVA.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/2708/JUAN_BACHO_SILVA.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Calvo, J. (2018). Adaptabilidad y potencial de rendimiento de tres variedades de espinaca (*Espinacia oleracea* L.) en el distrito de Lamas Tesis. Universidad Nacional de San Martín Tarapoto - Perú. <https://doi.org/10.1103/PhysRevA.76.032109>
- Hernández, R.; Fernández, C. & Baptista, M. del P. (2014). Metodología de la investigación (Sexta ed.). México D.F.
- Janpla, S.; Kularbphetong, K. & Chuandcham, S. (2019). Advances in computer communication and computational sciences (Vol. 759). Springer Singapore. <https://doi.org/10.1007/978-981-13-0341-8>
- Kennedy, A.; Bertao, D.; Arrúa, J. & Ayala, K. (2016). Prototipo de sistema de monitoreo y control para producción de tomate en invernadero. VIII

- Congreso Internacional de Computación y Telecomunicaciones - COMTEL 2016, 288–293.
- Liang, T. W. & Tsai, C. F. (2018). Application of intelligent monitoring system in campus greenhouse. Proceedings of the 2017 IEEE International Conference on Information, Communication and Engineering: Information and Innovation for Modern Technology, ICICE 2017, 200–203. <https://doi.org/10.1109/ICICE.2017.8479169>
- Maletta, H. (2017). La pequeña agricultura familiar en el Perú - Una tipología microrregionalizada. (O. de las N. U. para la A. y la Agricultura, Ed.), IV Censo Nacional Agropecuario 2012: Investigaciones para la toma de decisiones en políticas públicas. Retrieved from <http://www.fao.org/3/a-i6759s.pdf>
- Marcelino, R.; Casagrande, L.; Cunha, R.; Crotti, Y. & Gruber, V. (2018). Internet of things applied to precision agriculture. Proceedings of the 14th International Conference on Remote Engineering and Virtual Instrumentation REV 2017, 22. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-64352-6>
- Moummadi, K.; Abidar, R.; Medromi, H. & Ziani, A. (2019). Advanced intelligent systems for sustainable development (AI2SD'2018) (Vol. 912). Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-12065-8>
- MSC Invernaderos. (2015). ¿En qué consiste un invernadero inteligente? Retrieved September 8, 2019, from <https://www.novagric.com/es/blog/articulos/que-es-un-invernadero-inteligente>
- Navarrete, A. (2006). Evaluación agronómica de once cultivares de *Spinacia oleracea* L. para cultivo industrial en la zona de Valdivia. Universidad Austral de Chile.
- Panda, C. K. & Bhatnagar, R. (2020). Social Internet of things in agriculture: An overview and future scope. Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-24513-9\\_18](https://doi.org/10.1007/978-3-030-24513-9_18)
- Productos Agri-Nova Science. (2015). Control climático en invernaderos. 1a parte. Retrieved September 7, 2019, from [http://www.infoagro.com/industria\\_auxiliar/control\\_climatico.htm](http://www.infoagro.com/industria_auxiliar/control_climatico.htm)
- Rodríguez, J.; Betancourt, D. & Germán, G. (2016). Internet of things: A prototype architecture using a Raspberry Pi, (August 2015), 618–631. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-21009-4>
- Sánchez, H.; Reyes, C. & Mejía, K. (2018). Manual de términos en investigación científica, tecnológica y humanística. Mycological Research (Vol. 106). Retrieved from <http://repositorio.urp.edu.pe/handle/URP/1480>
- Shi, Y.; Wang, Z.; Liu, X.; Zhao, D. & Huang, L. (2011). A web-based monitoring system as a measurement tool in greenhouses using wireless sensor networks. IFIP Advances in Information and Communication Technology, 346 AICT(PART 3), 289–297. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-18354-6\\_35](https://doi.org/10.1007/978-3-642-18354-6_35)
- Suryawanshi, S.; Ramasamy, S.; Umashankar, S. & Sanjeevikumar, P. (2018). Design and implementation of solar-powered low-cost model for greenhouse system. Lecture Notes in Electrical Engineering, 435, 357–365. [https://doi.org/10.1007/978-981-10-4286-7\\_35](https://doi.org/10.1007/978-981-10-4286-7_35)
- Valverde, A. (2014). Evaluación de tres densidades de siembra en el rendimiento del cultivo de espinaca (*spinacia oleracea*) en el distrito y provincia de Pomabamba departamento de Ancash. Universidad Nacional “Santiago Antúnez de Mayolo.”
- Vasco, L. F. F. (2015). Manual: Espinaca. Cámara de Comercio de Bogotá. Bogotá: Cámara de Comercio de Bogotá. Retrieved from <http://hdl.handle.net/11520/14310>
- Vega, J.; Lagos, M.; Salgado, G.; Tapia, V.; Sánchez, F. & Cosme, J. (2018). Implantación de una Lpwan para monitoreo de temperatura y humedad en un invernadero. Pistas Educativas, 39(128), 1531–1548. Retrieved from <http://www.itcelaya.edu.mx/ojs/index.php/pistas/article/view/1134/1031>
- Walpole, R.; Myers, R.; Myers, S. & Ye, K. (2007). Probabilidad & estadística para ingeniería y ciencias (Octava ed.). México: Pearson Educación de México.
- Yu, J. F.; Hu, H. Y.; Li, Y. C.; Xiang, L. H.; Yang, B.; Zhou, Y. G. & Zhou, F. M. (2017). The design and implement of monitoring system for intelligent university archive room based on zigbee wireless sensor networks. Journal of Computers (Taiwan), 28(3), 215–234. <https://doi.org/10.3966/199115592017062803018>





## Carbonización hidrotérmica de agua gris para obtener biocarbón libre de gérmenes

### Hydrothermal carbonization of gray water to obtain free germ biocarbon

Brecio Daniel Lazo Baltazar<sup>1</sup>, Danea Jesse Lazo Castro<sup>2</sup>

E-mail: blazo@uncp.edu.pe

#### Cómo citar

Lazo Baltazar, B. D. & Lazo Castro, D. J. (2020). Carbonización hidrotérmica de agua gris para obtener biocarbón libre de gérmenes. *Prospectiva Universitaria, Revista de la UNCP*. 17(1), 61-68. <https://doi.org/10.26490/uncp.prospectivauniversitaria.2020.17.1382>

#### Resumen

El resultado del procedimiento de carbonización de los residuos orgánicos es aplicable en la conversión una amplia variedad de residuos de biomasa para transformarlos en carbón y otros. La carbonización húmeda conocida como carbonización hidrotérmica es utilizable en todos los residuos producidos en la agricultura y ahora en los residuos de la cocina familiar y lo más resaltante es que tiene influencia en la calidad del carbón producido. El objetivo de la investigación fue producir biocarbón libre de gérmenes a partir de agua gris, los mismos deberán ser utilizados en la agricultura para la recuperación de suelos degradados. Mediante la metodología de diseño por combinación se obtuvo la configuración del prototipo de reactor de carbonización que integra un procedimiento continuo de la obtención del carbón, es decir, ingresa biomasa húmeda y entrega biocarbón molido.

El proceso de obtención de biocarbón fue realizado en los Laboratorios de Energías Renovables de la Facultad de Ingeniería Mecánica siguiendo un diseño factorial 23 como se muestran en la tabla No. 5. Las muestras obtenidas de carbón mediante el diseño factorial 23 fueron analizadas en el Laboratorio de la Facultad de Ingeniería Química de la UNCP. La combinación de los factores ADC entrega una calidad de carbón 0,99 % libre de bacterias utilizando el método de análisis por foto luz. Mediante la comparación de los fundamentos teóricos y aplicabilidad se concluye que, la combinación ADC es un resultado favorable en la producción del carbón y su posterior aplicación en la recuperación de suelo ya que el carbón tiene una calidad favorable.

**Palabras clave:** carbonización hidrotérmica, agua gris, biocarbón, suelos degradados, gérmenes

#### Abstract

The result of the carbonization process of organic waste is applicable in the conversion of a wide variety of biomass wastes to transform into coal and others. Wet carbonization known as hydrothermal carbonization is usable for all agricultural wastes and now in family kitchen waste and most importantly aspect is it has an influence on the quality of the coal produced. The aim of the research was to produce free germ biocarbon from grey water, which should be used in agriculture for the recovery of degraded soils. Using the combination design methodology, the configuration of the prototype carbonization reactor was obtained, which integrates a continuous process for obtaining coal, in other words, humid biomass enters and ground biocarbon delivers.

The biocarbon process was carried out in the renewable energy laboratories of mechanical engineering faculty following a 23 factorial design as shown in table No. 5. The coal samples obtained by means of 23 factorial design were analysed in the laboratory of chemical engineering faculty of the UNCP. The ADC combination delivers a free- bacteria carbon 0.99 % quality by using the photo light analysis method. By comparing the theoretical background and applicability, it is concluded that the ADC combination is a favourable result in coal production and subsequent application in soil recovery since coal has a favourable quality.

**Keywords:** hydrothermal carbonization, gray water, biocarbon, degraded soils, germs

<sup>1</sup>Docente de la Facultad de Ingeniería Mecánica - UNCP / <sup>2</sup>Ingeniero de Sistemas - UNCP

## Introducción

Es momento de reflexión sobre nuestra actuación descontrolada en la generación de residuos que vienen dañando al planeta. Estas actuaciones negativas influirán en la salud de nuestros descendientes, más, el futuro será desesperante porque contaminado el agua, aire y suelo el planeta Tierra no podrá entregarnos lo que se necesita para sobrevivir.

El biocarbono libre de gérmenes fue obtenido mediante la experimentación del diseño factorial 23, utilizando, como medio de carbonización la energía solar. El biocarbono será utilizado en la recuperación de suelos agrícolas degradados.

La HTC fue utilizada y descrita por primera vez por el químico alemán y premio Nobel Friedrich Bergius en el año 1913, como un medio para simular la carbonización natural de la materia orgánica en el laboratorio (Libra, Ro, Kammann & Funke, 2011).

En los últimos años, se han realizado amplios estudios para mejorar el conocimiento sobre el funcionamiento del reactor y el rendimiento del sistema en pirólisis térmica de residuos sólidos urbanos (RSU); sin embargo, los fundamentos de la pirólisis de MSW y sus aplicaciones de ingeniería siguen siendo explorados de manera insatisfactoria (Lu, Chang, Poon, & Lee, 2020)

El proceso de pirólisis es un método termoquímico, la biomasa se convierte de manera eficiente en biocombustibles, biocarros y briquetas BBQ, y; el procesamiento adicional produce productos de valor agregado adicionales, como carbón activado, negro de carbón y tinta de impresión (Elkhalifa, Al-ansari, Mackey & Mckay, 2019)

La carbonización hidrotérmica (HTC), es una técnica de conversión termoquímica eficiente de transformación de la biomasa húmeda en energía y productos químicos sin pre secar. El producto sólido, conocido como hidrocarburo, ha recibido atención debido a su capacidad para preparar briquetas de carbón activado en la remediación de la contaminación de aguas residuales, aplicaciones de remediación de suelos, combustibles sólidos y otros materiales carbonosos (Fiori, Basso, Castello & Baratieri, 2014)

En esta investigación se experimentó la carbonización hidrotérmica para la producción de biocarbono libre de bacterias a partir de agua gris.

La investigación contribuye en la disminución de la contaminación de los ríos; así mismo, disminuirá los gases de efecto invernadero debido a que se utilizó como medio de la carbonización hidrotermica la energía solar mediante concentradores solares.

La importancia de la investigación fue generar biocarbono o hidrocarburo a partir del agua gris de manera que se disminuya la contaminación del agua y el biocarbono aprovechada en la recuperación de la fertilidad de las tierras de la agricultura.

## Métodos y materiales

### Diseño del prototipo reactor de carbonización

El diseño del prototipo se realizó considerando 3 kg de residuo orgánico producida en una vivienda familiar de cuatro personas.

Se ha utilizado el método sistemático de diseño de la asociación alemana de ingenieros VDI (Verein Deutscher Ingenieure) VDI 2221/2222 (Pahl & Beitz, 2007).

### Materiales para la obtención del biocarbono

#### Agua gris

En la Tabla 1, se muestra los residuos orgánicos que contiene el efluente de los lavaderos de la cocina familiar, cuantificada por observación y pesaje directa del lavadero.

Los residuos de materias orgánicas se generan desde el inicio de la preparación de los alimentos, quemado de los aderezos, quemado de los alimentos, sobras múltiples, al momento de ingerir los alimentos y principalmente al momento del lavado de los utensilios de cocina y los utensilios de nuestros alimentos. En la Tabla 1, se muestra los residuos orgánicos producidos por día.

**Tabla 1**

*Materia orgánica generada en la cocina familiar*

Item	Descripción	Kg
1	Cascaras varios	0,430
2	Alimentos	0,374
3	Lodo de alimentos	0,325
4	Verduras	0,300
5	Cereales	0,260
6	Hueso triturado	0,220
7	Frutas	0,200
8	Grasa	0,170
9	Aceite	0,160
10	Orgánicos quemados	0,150
11	Trozos de carne	0,140
12	Tierra	0,120
13	Papel higiénico	0,100
14	Detergente	0,050
15	Cabello humano	0,001

También, se utilizó las propiedades que se muestran en Tabla 2.

**Tabla 2**

Propiedades relevantes de la materia prima para los procesos de conversión térmica

Residuos orgánicos	Orgánico <sup>§</sup>
Carbón	47-52
Hidrógeno	0.63
Oxígeno	40-42
Análisis elemental (% daf)	Nitrógeno 0.16-0.25
	Azufre 0.002-0.003
Contenido de energía (MJ/kg <sub>db</sub> )	8.9-11.15

<sup>§</sup>Valores estimados sobre la base de los valores de composición porcentual proporcionados por [303] y los valores de composición elemental, contenido de humedad y contenido de energía proporcionados por [43].

daf: Dry ash-free weight

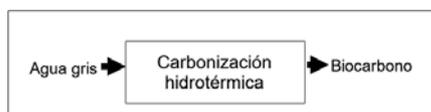
db: Dry weight

Fuente: (Libra et al., 2011)

Durante el proceso de carbonización ingresa agua gris la que sufre una transformación de separación obteniéndose a la salida carbón orgánico, vapor de agua y gases varios (G. Pahl & Beitz, 2007).

**Figura 1**

Caja negra de obtención de biocarbón



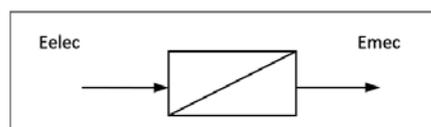
La transformación de las dimensiones del agua gris se realizó utilizando los siguientes conceptos.

### Energía eléctrica

La energía eléctrica de ingreso es transformada en energía mecánica: Fuerza, presión, longitud, efecto piezoeléctrico.

**Figura 2**

Concepto



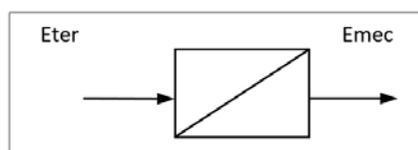
### Energía térmica

La energía térmica es transformada en energía de fusión.

Temperatura, calor, expansión térmica, presión de vapor, ley de gases, presión osmótica.

**Figura 3**

Concepto

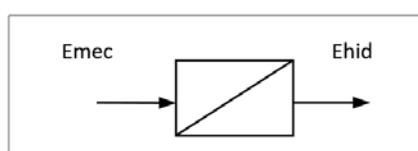


### Señales

Fuerza, longitud, velocidad, presión, viscosidad (Newton), Boyle-Mariote.

**Figura 4**

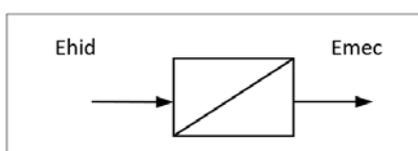
Concepto



Velocidad, fuerza longitud, resistencia de fluido, presión de retorno, principio de reacción.

**Figura 5**

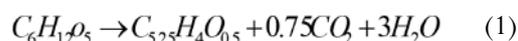
Concepto



### Producción del carbón

Ingresa la materia orgánica (colada del agua gris) al reactor de carbonización hidrotérmica, se alimenta energía térmica mediante el concentrador solar por reflexión hacia la chaqueta térmica del reactor a una temperatura de 300 °C a 400 °C.

Se producen reacciones exotérmicas o entalpía de reacción, mediante la siguiente ecuación (Libra et al., 2011).



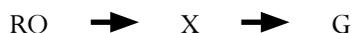
Para determinar la mejor producción se utilizó la siguiente metodología:

Método experimental: Se empleó para contrastar el marco teórico de generación de biocarbón libre de gérmenes, se preparó la unidad de experimentación (prototipo) y mediante el diseño experimental 23, se observó el efecto de la materia prima, las chaquetas térmica y la longitud del reactor (Gutiérrez & De La Vara, 2012).

Método explicativo: Se empleó para explicar la producción de biocarbón desde los residuos de materia orgánica producida en viviendas familiares. Tiene como propósito producir biocarbón libre de gérmenes, en base a de las reacciones exotérmicas de la materia prima (Hernández, 2010).

### Diseño

Para la explicación de la producción de bicarbono, se experimentó en el prototipo del reactor. La experimentación se realizó siguiendo la siguiente secuencia (Hernández y Fernández, 2012).



RO Residuo orgánico, X Biocarbono, G Gérmenes

El diseño empleado fue para verificar la producción de biocarbono en distintas condiciones de materia orgánica y chaqueta térmica y longitud del reactor, entonces se produjo biocarbono libre de gérmenes.

### Instrumentos de las unidades de análisis

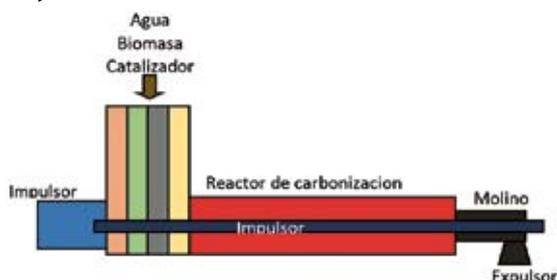
La unidad que sirvió para comprobar la producción de biocarbono fue el prototipo reactor, medida mediante una balanza electrónica y codificada en una ficha de biocarbono libre de gérmenes.

### Unidad de análisis

Se ha utilizado el prototipo reactor de carbonización (Figura 6), la que soportó la forma del tratamiento cualitativo o cuantitativo de los factores.

Figura 6

Concepto de solución del reactor de carbonización



### Diseño del tratamiento

De acuerdo a Gutiérrez y De La Vara (2012), el diseño de investigación fue un plan estructurado de actividades (Tabla 3) que de manera anticipada guiaron el proceso de investigación. Su fin fue aclarar el camino a recorrer para contestar la pregunta de la investigación.

Tabla 3

Diseño factorial – Configuración de Yates

Nº	Combinación Tratamientos	Niveles Tratamiento Factores			Réplicas Producción masa/kg				Totales
		A	B	C	I	II	III	IV	
1	-1	-	-	-					
2	a	+	-	-					
3	b	-	+	-					
4	ab	+	+	-					

5	c	-	-	+
6	ac	+	-	+
7	bc	-	+	+
8	abc	+	+	+

Fuente: Gutiérrez y De La Vara (2012)

### Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Se asignó los factores para la experimentación mediante la siguiente denominación:

A = Materia prima : 2; 3 kilogramos

B = Chaquetas térmicas : 2; 6 unidades

C = Longitud del reactor : 250; 500 mm

Se utilizó un diseño factorial completo 23, porque consta de dos niveles y tres factores, tal como se muestra el Tabla 4.

Tabla 4

Niveles de tratamiento de los factores de investigación

Factores	Nivel Bajo	Nivel Alto	
Materia Orgánico	A	2	3
Chaquetas Térmicas	B	2	6
Longitud de reactor	C	250	500

### Calidad del biocarbono

Según Novak et al. (2009), su degradación térmica entre 250 y 350 °C da lugar a muchos compuestos volátiles (vapores de agua y alquitrán, hidrocarburos, ácidos (H<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, CO y CO<sub>2</sub>), quedando una matriz de carbono amorfa y rígida.

Además, a más de 70 °C, los microorganismos patógenos se destruyen, aunque algunos no soportan temperaturas superiores a los 55 °C.

Entonces, si la temperatura de carbonización fue entre 300 a 400, °C el biocarbón se encuentra libre de gérmenes.

Se concluyó que no es necesario pasar por laboratorio para visualizar la existencia de gérmenes.

## Resultados

### Características de la configuración del prototipo reactor

En la Figura 7, se visualiza las partes del prototipo reactor de carbonización de la materia orgánica, constituido por: impulsor, alimentador, tornillo sinfín, reactor térmico, soporte estructural, mecanismo de molido, chaqueta térmica solar.

**Figura 7**

Concepto del reactor de carbonización.



## Experimentación del proceso de carbonización de la materia orgánica.

### Producción de biocarbón

La producción de biocarbón se muestra en la Tabla 5.

**Tabla 5**

Resultado de producción de biocarbón

Combinación de tratamientos	Niveles de tratamiento			Réplicas producción masa/kg				Total kg
	A	B	C	I	II	III	IV	
-1	-	-	-	1,55	1,79	1,83	2,81	2,00
a	+	-	-	2,89	2,87	2,65	2,85	2,82
b	-	+	-	1,69	1,80	1,58	1,45	1,63
ab	+	+	-	2,80	2,95	2,89	2,85	2,87
c	-	-	+	1,79	1,75	1,87	1,79	1,80
ac	+	-	+	2,89	2,82	2,85	2,79	2,84
bc	-	+	+	1,76	1,60	1,80	1,63	1,70
abc	+	+	+	2,87	2,98	2,76	2,91	2,88

\* Diseño factorial 23

### Análisis de la varianza

El análisis de la varianza desarrollado de la Tabla 6 para los tres factores y cuatro replicas, sirvió para evaluar la toma de decisión del análisis factorial y para validar la hipótesis planteada.

**Tabla 6**

Efectos y coeficientes estimados para biocarbón

Término	Efecto	Coef	SE Coef	T	P
		2,31556	0,03807	60,82	0,000
A	1,07125	0,53563	0,03807	14,07	0,000
B	-0,09250	-0,04625	0,03807	-1,21	0,236
C	-0,02450	-0,01225	0,03807	-0,32	0,750
A*B	0,14263	0,07131	0,03807	1,87	0,073
A*C	0,03937	0,01969	0,03807	0,52	0,610
B*C	0,06187	0,03094	0,03807	0,81	0,424
A*B*C	-0,06925	-0,03463	0,03807	-0,91	0,372

$$S = 0,215355$$

$$\text{PRESS} = 1,97879$$

$$\text{R-cuad.} = 89,51\%$$

$$\text{R-cuad. (pred.)} = 81,35\%$$

$$\text{R-cuad. (ajustado)} = 86,45\%$$

**Tabla 7**

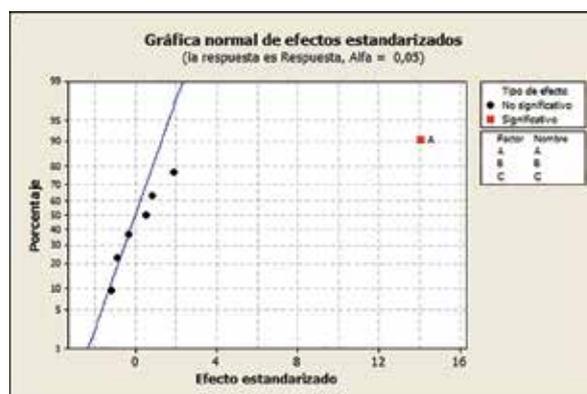
Análisis de varianza para biocarbón producido

Análisis de varianza para respuesta (unidades codificadas)					
Fuente	GL	SC Sec.	SC Ajust.	CM Ajust.	F
Efectos principales	3	9,2539	9,25386	3,08462	66,51
A	1	9,1806	9,18061	9,18061	197,95
B	1	0,0684	0,06845	0,06845	1,48
C	1	0,0048	0,00480	0,00480	0,10
2- Interacciones de (No.) factores	3	0,2058	0,20577	0,06859	1,48
A*B	1	0,1627	0,16274	0,16274	3,51
A*C	1	0,0124	0,01240	0,01240	0,27
B*C	1	0,0306	0,03063	0,03063	0,66
3- Interacciones de (No.) factores	1	0,0384	0,03836	0,03836	0,83
A*B*C	1	0,0384	0,03836	0,03836	0,83
Error residual	24	1,1131	1,11307	0,04638	
Error puro	24	1,1131	1,11307	0,04638	
Total	31	10,6111			

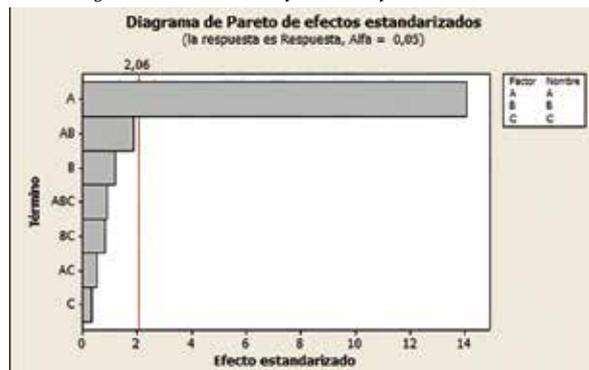
La Figura 8, indica que los puntos que no se ubican cerca de la línea por lo general señalan efectos significativos. Tales efectos son más grandes y generalmente están más lejos de la línea ajustada que los efectos no importantes. Los efectos no significativos tienden a ser más pequeños y cercanos a cero.

**Figura 8**

Normal de efectos estandarizados para energía producida

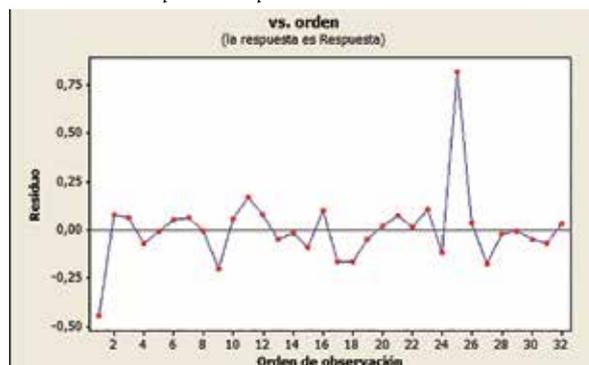


La gráfica de Pareto de efectos estandarizados (Figura 9) evalúa la magnitud y la importancia de un efecto. El diagrama muestra el valor absoluto de los efectos y traza una línea de referencia en la gráfica. Cualquier efecto que se extienda más allá de esta línea de referencia es potencialmente importante.

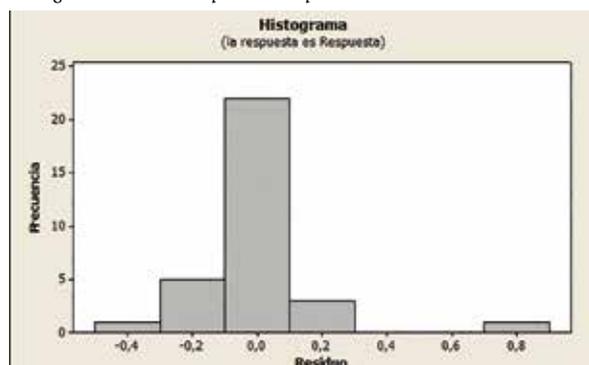
**Figura 9***Pareto de efectos estandarizados para masa producida*

## Análisis de residuos

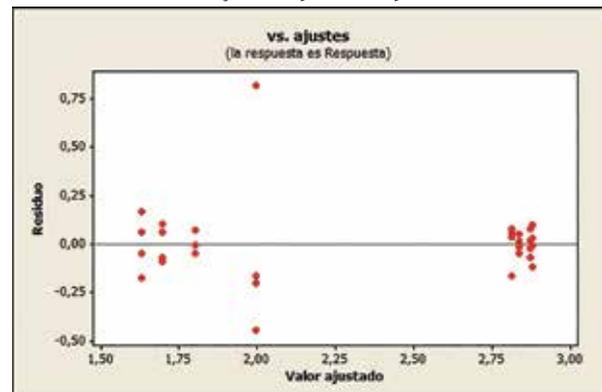
Los residuos según orden de observación presentado en la Figura 10, es una gráfica donde se representan todos los residuos en el orden en el que se colectaron los datos y se utilizan para hallar errores no aleatorios, especialmente de efectos relacionados con el tiempo, ayuda también a revisar el supuesto que establece que los residuos no se correlacionan unos a otros.

**Figura 10***Residuos vs orden para masa producida*

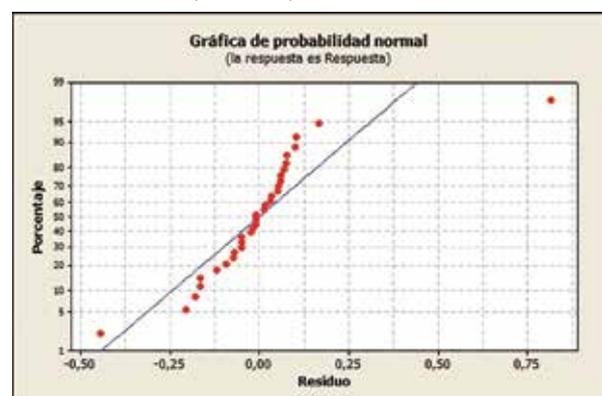
En la gráfica de la Figura 11, se aplica como una herramienta exploratoria para mostrar las características generales de los residuos, incluyendo valores típicos, dispersión y forma. Una larga cola lateral puede indicar una distribución sesgada. Si uno o dos barras están lejos de las demás, esos puntos pueden ser valores atípicos.

**Figura 11***Histograma de residuos para masa producida*

La Figura 12, representa un patrón aleatorio a ambos lados de cero. Si un punto se encuentra lejos de la mayoría de los puntos, puede ser un valor atípico. No deberá haber algún patrón reconocible en la gráfica de residuos; por ejemplo, si la dispersión de valores de residuos tiende a incrementarse a medida que se incrementan los valores ajustados, entonces esto puede violar el supuesto de varianza constante.

**Figura 12***Residuos contra valores ajustados para masa producida*

La Figura 13, muestra que los puntos tienden a formar una línea recta esto indica que los residuos están normalmente distribuidos. Si los puntos en la gráfica salen de una línea recta, el supuesto de normalidad puede ser inválido.

**Figura 13***Probabilidad normal para masa producida.*

## La calidad del Biocarbón

Los valores caloríficos más alto de la ecuación 1 se resumen en la Tabla 8. Estas aproximaciones deben ser tratadas con cuidado, al ser completamente entendida, la química de proceso.

La ecuación no considera ningún subproducto orgánico líquido de reacción que represente una fracción importante [91.114.115]. Además, la biomasa no puede considerarse un reactivo bien definido debido a su alto grado de complejidad química y heterogeneidad; sin embargo, estas consideraciones teóricas ofrecen una visión de lo que puede esperarse.

**Tabla 8***Matriz del carácter calórico de la carbonización hidrotérmica de la celulosa*

	<b>Carbonización hidrotérmica<sup>++</sup> Ecuación 2<sup>§</sup></b>
Rango de temperatura (°C)	350-450
VCA de los alimentos (MJ/kg)	-17.6
Calor de reacción (MJ/kg de celulosa)	-1.6
VCA del producto sólido (MJ/kg de celulosa)	-16
VCA de subproductos gaseosos (MJ/kg de celulosa)	0
VCA de subproductos líquidos (MJ/kg de celulosa)	0

<sup>++</sup>Datos de [85].

<sup>§</sup>Esta ecuación no está completa, porque no se han considerado los productos líquidos, que representan un importante grupo de productos.

• Los valores están de acuerdo con la ecuación 2. Los resultados experimentales publicados de la carbonización de diferentes artículos oscilan entre 1-2 MJ/kg<sub>alimen</sub> para los gaseosos y 0,5-4,1 MJ/kg<sub>alimen</sub> para los subproductos líquidos [Fuente, Datos no publicados].

VCA: Valor de calentamiento más alto.

**Fuente:** (Libra et al., 2011)

## Discusión

### Producción de biocarbón

De los tratamientos realizados, se puede asegurar la producción de biocarbón porque los factores tratados producen efectos. Los mayores efectos significativos están en los factores A, AB, AC y la interacción ABC. Entonces, la masa de la materia orgánica de 3,0 kg produce 2,88 kg de biocarbón, tal como manifiesta la patente (Felix, Larry, 2014).

La interacción adecuada de las chaquetas térmicas en su nivel alto captura mejor la energía calorífica. Esto mejora la calidad del biocarbón debido a que la superficie de carbonización es mayor en comparación a los niveles bajos. Tal como indica Cheng, Bayat, Jena & Brewer (2020), la pirolisis es una posible opción de extracción económica para estos compuestos con la gravedad de reacción necesaria, fácil operación y alta compatibilidad con diversas materias primas.

Libra et al. (2011) indica que mediante la adición de calor a temperatura por encima de 300 °C el micro organismo deja de existir. El resultado del tratamiento ABC en su nivel alto arroja una mejor calidad de biocarbón libre de gérmenes.

### Impacto ambiental

La no generación de gases contaminantes en la producción de energía sostenible confirma lo que indica (Ottmar & Pichs-Madruga, 2011), que el reemplazo de combustibles fósiles con las energías sostenibles limpias, reducirán los gases de efecto invernadero.

### Evaluación de resultados del biocarbón

La producción de masa del biocarbón han sido evaluados con el análisis de los residuos. Los residuos obtenidos se encuentran entre 1,0 y -0,5 demostrando claramente que el procedimiento de experimentación fue correcto, no encontrando valores que contradigan al teorema de Chevshev (García, López & Calvo, 2011)

El principal factor A es significativo en el sistema, al encontrarse en el lado derecho de la gráfica de Pareto de efectos estandarizados.

Del mismo modo, esto se puede comprobar en la validación de la hipótesis con la comparación de los valores de la Tabla F de Fisher (García et al., 2011).

### Consecuencias teóricas

En la investigación se pudo conocer que el reactor logra calidad del biocarbón cuando se experimenta con el tratamiento (8), factor A (nivel alto), factor B (nivel alto), factor C (nivel alto).

Se puede ver (Tabla 7) que la hipótesis alterna es verdadera en B, C, AB, AC, BC y ABC existe significatividad en todos los tratamientos, por tanto, juegan un papel importante en la mejora de la producción de biocarbón.

### Aplicaciones prácticas

Gutiérrez & De La Vara (2012) definen que el objetivo de los diseños factoriales es estudiar el efecto de varios factores sobre una o varias respuestas, cuando se tiene el mismo interés sobre todos los factores; buscando, por supuesto, una combinación de niveles de los factores en la que el desempeño del proceso sea el mejor.

## Conclusiones

- El resultado del tratamiento ABC en su nivel alto arroja una mejor calidad de biocarbón libre de gérmenes.
- La producción de biocarbón mediante este método demostró que la emisión de gases contaminantes fue mínima; así mismo, al usar energía solar es menos impactante al ambiente.
- En función a los resultados se ha concluido que el trabajo experimental no encuentra factores atípicos, por lo se puede afirmar que los resultados tienen una gran consistencia.
- Se afirma que, si se configura los componentes con la aplicación del análisis factorial, entonces mejora la producción de biocarbón, mediante la prueba de Fisher F (3, 28); 0.05=2,95.
- Se mejora el diseño y fabricación del biorreactor, porque se conoce con precisión cuáles son los factores de mayor relevancia y cuáles de las interacciones, logran producir mayor materia orgánica.

## Referencias bibliográficas

- Cheng, F., Bayat, H., Jena, U. & Brewer, C. E. (2020). *Journal of analytical and applied pyrolysis impact of feedstock composition on pyrolysis of low-cost , protein- and lignin-rich biomass: A review*. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 147(August 2019), 104780. <https://doi.org/10.1016/j.jaap.2020.104780>
- Elkhalifa, S., Al-ansari, T., Mackey, H. R. & Mckay, G. (2019). *Resources, conservation & recycling food waste to biochars through pyrolysis: A review*. *Resources, Conservation & Recycling*, 144(September 2018), 310–320. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.01.024>
- Felix, Larry, G. (2014). Bureau, International.
- Fiori, L., Basso, D., Castello, D. & Baratieri, M. (2014). *Hydrothermal Carbonization of Biomass: Design of a batch reactor and preliminary experimental results*. *Iconbm: International Conference on Biomass*, Pts 1 and 2, 37, 55-+. <https://doi.org/10.3303/CET1437010>
- G. Pahl, W. Beitz, J. F. & K. H. G. (2007). *Engineering design: a systematic approach*. Springer-Verlag London Limited (3rd editio).
- García, J. G., López, N. C. & Calvo, J. Z. (2011). *Estadística básica para estudiantes de ciencias*.
- Gutiérrez Pulido, H. & De La Vara Salazar, R. (2012). *Analisis y diseño de experimentos*.
- Hernández Sampiere, R. (2010). *Metodología de la investigación*.
- Libra, J., Ro, K. S., Kammann, C. & Funke, A. (2011). *Hydrothermal carbonization of biomass residuals: a comparative review of the chemistry, processes and applications of wet and dry pyrolysis*. (May 2014). <https://doi.org/10.4155/bfs.10.81>
- Lu, J., Chang, Y., Poon, C. & Lee, D. (2020). *Biore-source Technology Slow pyrolysis of municipal solid waste ( MSW ): A review*. *Bioresource Technology*, 312(May), 123615. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2020.123615>
- Novak, J., Lima, I., Xing, B., Gaskin, J., Steiner, C., Das, K., ... Busscher, W. (2009). *Characterization of designer biochar produced at different temperatures and their effects on a loamy sand*. *Annals of Environmental Science*, 3(1), 195–206.
- Ottmar Edenhofer & Ramón Pichs-Madruga, Y. S. (2011). *Fuentes de energía renovables e informe especial sobre fuentes de energía renovables y mitigación del cambio climático*.



## Pérdida de carga en un sistema de tuberías de agua: comparación de resultados experimentales mediante el equipo HM 150.61

### Pressure loss in a water piping system: comparison of experimental results using the HM 150.61 equipment

Marcial De La Cruz Lezama<sup>1</sup>, Armando Siles Delzo Salomé<sup>1</sup>, Ronald Jacobi Lorenzo<sup>1</sup>, Carlos Pedro Mattos Inga<sup>1</sup>

E-mail: mdelacruz@uncp.edu.pe

#### Cómo citar

De La Cruz Lezama, M.; Delzo Salomé, A. S.; Jacobi Lorenzo, R. & Mattos Inga, C. P. (2020). *Pérdida de carga en un sistema de tuberías de agua: comparación de resultados experimentales mediante el equipo HM 150.61*. *Prospectiva Universitaria, Revista de la UNCP*. 17(1), 69-79. <https://doi.org/10.26490/uncp.prospectivauniversitaria.2020.17.1388>

#### Resumen

El trabajo consistió en comparar los resultados de pérdida de carga obtenidos de manera experimental mediante el equipo HM 150.61, en un sistema de tuberías de agua. La medición de los datos primigenios se realizó con los instrumentos artesanales y el cálculo en una hoja de cálculo Excel, y para la medición electrónica se utilizó el equipo HM 150.61 que cuenta con sensores de medición, proveído por la empresa Gunt Hamburg.

El objetivo principal fue determinar la desviación entre la medición experimental y electrónica, pudiendo evidenciar que existe poca desviación; y se comprobó la efectividad de dicho equipo como medio de aprendizaje para los estudiantes de ingeniería y carreras afines; también la medición con el equipo y los resultados experimentales muestran la efectividad de combinar los dos métodos para medir y estimar las pérdidas de carga y poder tomar decisiones mucho más acertadas a la hora de ejecutar proyectos de redes de distribución de agua potable. Se determina el comportamiento de la curva de pérdida de carga, para calcular la potencia de bomba necesaria para hacer circular el agua en un sistema de tuberías.

**Palabras clave:** pérdida de carga, sistema de tuberías, medición experimental, medición electrónica, hidráulica

#### Abstract

The work consisted of comparing the pressure loss results obtained experimentally by the HM 150.61 equipment, in a water piping system. The measurement of the original data was carried out with traditional instruments and the calculation in an Excel spreadsheet, and for the electronic measurement, the HM 150.61 equipment was used, which has measuring sensors, supplied by the Gunt Hamburg company.

The main objective was to determine the deviation between experimental and electronic measurement, being able to evidence that there is little deviation; and the effectiveness of this equipment as a means of learning for engineering and related career was proven. The measurement with the equipment and the experimental results show the effectiveness of combining the two methods to measure and estimate the pressure losses and being able to make much better decisions when implementing projects of drinking water distribution networks. The behavior of the pressure drop curve is determined to calculate the pump power required to circulate water in a piping system.

**Keywords:** pressure loss, piping system, experimental measurement, electronic measurement, hydraulics

<sup>1</sup>Docente de la Facultad de Ingeniería Mecánica- UNCP

## Introducción

El equipo HM 150.61 y su respectivo DataLogger son instrumentos para realizar los ensayos de pérdida de carga en sistema de tuberías de PVC y accesorios. Sin estos equipos, no habría sido posible realizar dichos ensayos. Con el presente trabajo, también se busca satisfacer las necesidades que tienen los grupos de interés, para poder entender el comportamiento y las leyes que gobiernan la hidráulica, para así poder llevarlos a aplicar dichos principios a la hora de realizar instalaciones de sistemas hidráulicos. Estas instalaciones se pueden llevar a cabo en pequeños proyectos o de gran envergadura. Dolinšek et al. (2002) mencionan que los métodos generalmente aceptados para calcular las pérdidas de presión dentro de las tuberías planas, tal como se presentan en la literatura y se utilizan en la práctica, se basan en el número de Reynolds.

Indudablemente, el nivel de vida que caracteriza a una población está ligado, en gran parte, al agua. Las condiciones de presión y calidad del suministro varían en el espacio y en el tiempo. Factores como el crecimiento poblacional y el desarrollo industrial influyen en la dinámica de crecimiento de la red de abastecimiento de una población. Las consecuencias de estas variaciones deben poder preverse con el objetivo de implantar las soluciones técnicas necesarias a tiempo, a fin de que la demanda quede satisfecha. El compromiso de hacer llegar el líquido elemento a cada toma, bajo unos requisitos mínimos de presión y calidad, obliga a estudiar todas y cada una de las posibles características y sus componentes para diseñar una red mucho más eficiente, para esto ayudará la simulación y ensayo que se llevaran a cabo en el presente trabajo. Stadelmann & Lutz (1990) afirman que, la resistencia hidráulica puede relacionarse directamente con el porcentaje de pérdida de presión sin necesidad de utilizar el tamaño del diámetro. Usando este método de cálculo, incluso es posible calcular un sistema de tuberías ramificadas independientemente del caudal. Se dan ejemplos de aplicaciones.

“La ingeniería en las últimas décadas ha visto la irrupción de numerosos paquetes informáticos destinados a facilitar el análisis, diseño y el cálculo de pérdida de carga en sistemas hidráulicos” (Liu & Yu, 2014). Las redes de distribución de agua a presión, cuyo análisis antaño eran complejos y tediosos, hoy en día con las herramientas de simulación es mucho más sencillo. Además, uno de los elementos o variables analizados dice que el diámetro de la tubería debe ser el mínimo para reducir el costo, pero paradójicamente conviene que el diámetro de la tubería sea el máximo para reducir la pérdida de carga y, en consecuencia, el costo de bombeo. Así, como en el análisis anterior, se extraerán muchas más problemáticas, primando en este caso el diseño de un sistema hidráulico

mucho más eficiente y barato; siendo objeto de la presente investigación. Wuennenberg et al. (1984), aclaran que teniendo en cuenta los desarrollos recientes, es importante evitar el colapso frecuente en el sistema de presión. A este respecto, la cuestión de la previsibilidad de las pérdidas de presión y la optimización del sistema de suministro adquiere especial importancia. Giustolisi et al. (2007) menciona que, cada vez más la pérdida de agua por fugas se reconoce como uno de los principales desafíos que enfrenta la operación del sistema de distribución de agua”. Zhu et al. (2011) concluyen que; para superar los problemas de cálculo exactos para la pérdida de carga de luz y el sistema de riego por aspersión pequeño, se discutieron los problemas relacionados en función del mecanismo básico de fluidos. Liu & Yu (2014) dicen que es sabido que las fugas son un tipo de flujo dependiente de la presión en los sistemas de distribución de agua. Rivas & Sánchez, (s/f) (Navarra – España 2007 – 2008) realizaron un estudio sobre pérdidas de carga en los componentes de las instalaciones hidráulicas; donde en el banco de ensayo de la práctica se midió el caudal que circula por cada elemento y la caída de presión que sufre el fluido que lo atraviesa. A partir de estos datos y utilizando la ecuación de Bernoulli es posible obtener las pérdidas de carga que sufre el fluido al circular por cada elemento.

## Materiales y métodos

Los materiales están constituidos por el kit del módulo HM 150, el cual se encuentra en los ambientes de investigación de la FIME.

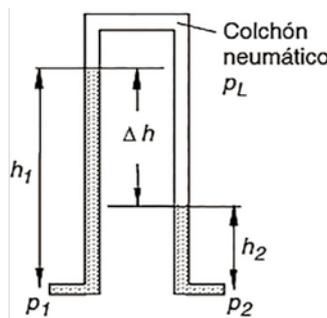
“Las siguientes descripciones nos describe el método sobre la realización del ensayo y sobre los ensayos sobre mecánica de fluidos”(http://e-educativa.catedu.es/, n.d.).

- Colocar la construcción de ensayo en el módulo básico para ensayos sobre mecánica de fluidos HM 150 con la evacuación encima del depósito.
- Soltar las tuercas moleteadas en cruz de la parte trasera de las fijaciones de manómetro. Colocar el manómetro un agujero más abajo. Volver a apretar las tuercas moleteadas en cruz.
- Establecer la unión de mangueras entre HM 150 y el equipo.
- Abrir el desagüe HM 150.
- Conectar la bomba y abrir lentamente el grifo principal de HM 150.
- Conectar el manómetro a los puntos de medición deseados.
- Abrir lentamente el grifo esférico del trayecto de medición deseado y purgar el manómetro. (Indirect full span calibration method for a digital vacuumeter in cities above sea level, n.d.)

- Ajustando al mismo tiempo la válvula de purga y la válvula de desagüe en el manómetro, debe regularse el nivel de agua de tal modo que ambas columnas de agua se encuentren dentro del rango de medición.

### Medición de la presión diferencial

“En este proceso, la válvula de purga está cerrada. Encima de ambas columnas de agua se forma un colchón neumático con la presión  $p_L$ ” (Rivas & Sánchez, s/f). De esta manera se obtienen los siguientes valores para las presiones a medir  $p_1$  y  $p_2$ :



$$p1 = pL + h1 \cdot \rho \cdot g$$

$$p2 = pL + h2 \cdot \rho \cdot g$$

La presión diferencial asciende entonces a:

$$\Delta P = p1 - p2 = pL + h1 \cdot \rho \cdot g - pL - h2 \cdot \rho \cdot g \quad (1)$$

La presión  $pL$  se elimina, lo que da lugar a:

$$\Delta P = \Delta h \cdot \rho \cdot g$$

Siendo:

$$\Delta P = h1 - h2$$

“Mediante la presión  $pL$  puede ajustarse el punto cero para la medición de la presión diferencial” (Çengel & Cimbala, 2012).

Para un margen de medición máximo resulta conveniente situar el punto cero, o bien, el valor medio  $\frac{h1+h2}{2}$  en el centro de la escala de medición  $\frac{hmax}{2}$ .

$$\frac{h1+h2}{2} + \frac{hmax}{2} = \frac{p1-pL+p2-pL}{2 \cdot \rho \cdot g} \quad (2)$$

De esta manera, resulta el siguiente valor para la presión del colchón neumático.

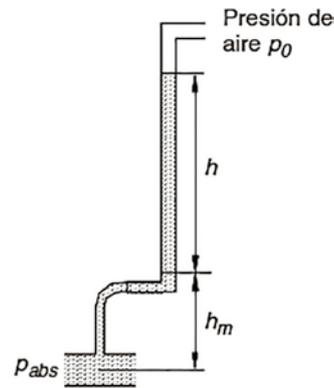
$$pL = \frac{p1+p2-hmax \cdot \rho \cdot g}{2} \quad (3)$$

La presión se ajusta mediante la válvula de purga.

### Medición de la presión absoluta

Para medir la presión absoluta debe abrirse la válvula de purga y determinar la sobrepresión frente a la atmósfera. La presión  $pL$  corresponde a la presión de aire atmosférica  $p0$ .

En este proceso debe tenerse, también en cuenta, la altura  $hm$  entre el punto de medición y el punto cero del manómetro.



$$Pabs = p0 + (h + hm) \rho \cdot g \quad (4)$$

### Conexión de manómetro y manejo

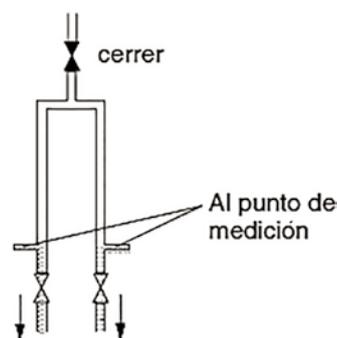
Conectar el manómetro a los puntos de medición deseados mediante las mangueras con los acoplamientos rápidos autoblocantes.

- Abrir el grifo esférico del desagüe.
- Conectar la bomba en HM 150.

### Purga

- Cerrar la válvula de purga superior.
- Abrir ambas válvulas de desagüe inferiores.
- Abrir lentamente el grifo esférico en la afluencia del trayecto de tubo a medir.

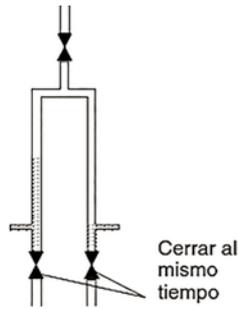
El trayecto de tubo y las mangueras de unión se purgan mediante una corriente de agua potente.



Cuando no queden burbujas de aire en las mangueras de unión:

- Cerrar el trayecto de tubo del desagüe.
- Cerrar lentamente ambas válvulas de desagüe inferiores al mismo tiempo.

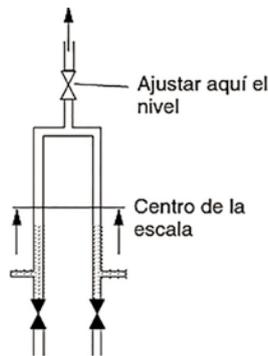
Prestar atención a que ambas columnas de agua asciendan de forma proporcionada y que no se produzca ningún derrame entre los tubos de nivel.



### Ajuste del punto cero

“Para garantizar el máximo margen de medición, el punto cero del manómetro debe encontrarse en el centro de la escala”(Sandoval et al., 2009).

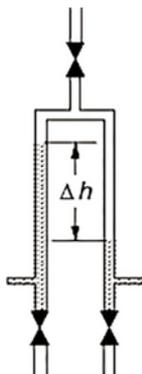
- Cerrar el trayecto de tubo del desagüe.
- El caudal es igual a cero.
- El nivel es el mismo en ambos tubos de medición.
- Ajustar con cuidado el nivel con la válvula de purga al centro de la escala.



### Realización de la medición

- Regular el caudal deseado mediante el grifo de entrada.
- Leer la presión diferencial como diferencia de altura entre ambas columnas de agua.
- En caso de un indicador inestable debe estimarse el valor medio.

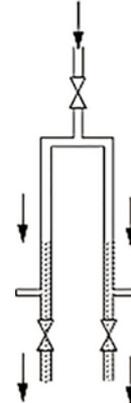
“En caso de las mediciones de la presión diferencial no importa tanto la exactitud absoluta, sino que las lecturas resultan ser reproducibles” (Morales, 2016).



### Terminación de la medición

- Tras la finalización de la medición, debe cerrarse el trayecto de tubo del desagüe.
- Desconectar la bomba en HM 150.
- Abrir completamente el trayecto de tubo de trayecto de tubo de afluencia.
- Abrir la válvula de purga y ambas válvulas de desagüe.

El manómetro se va vaciando y el trayecto de tubo está sin presión.



### Resultados

Para el presente cálculo, con el objeto de mayor exactitud y facilidad, se hace uso de la hoja de cálculo Excel.

### Pérdida de carga por fricción

Ecuaciones:

$$Q = \frac{V}{t} \quad (5)$$

$$A = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \quad (6)$$

$$v = \frac{Q}{A} \quad (7)$$

$$Re = \frac{v \cdot d}{\nu} \quad (8)$$

$$f = \frac{0.3164}{\sqrt[4]{Re}} \quad (9)$$

$$h_f = \frac{\lambda \cdot l \cdot v^2}{d \cdot 2 \cdot g} \quad (10)$$

Datos:

$$Q(l/min) = 3.4, 5.1, 9.9, 16.7, 19.2, 21.2, 23.8, 25.6, 28.9 \text{ y } 30$$

$$d = 0.017 \text{ m}$$

$$l = 0.8 \text{ m}$$

$$\nu = 1.134 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$g = 9.80665 \text{ m/s}^2$$

**Cálculo de pérdida de carga por fricción ( $h_f$ )**

En esta trayectoria, el agua circula de izquierda a derecha. La dimensión del tubo redondo de PVC es de 20 x 1,5 mm de diámetro y 800 mm de longitud.

**Figura 5**

Tubo de PVC



**Tabla 21**

Resultados de medición con el equipo HM 150.61.

	1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°	8°	9°	10°
Magnitud de pérdida $h_f$ en m	0.015	0.020	0.040	0.090	0.130	0.160	0.200	0.225	0.280	0.300
Corriente volumétrica $V$ en l/min	3.4	5.1	9.9	16.7	19.2	21.2	23.8	25.6	28.9	30

**Tabla 21**

Resultados de medición con el equipo HM 150.61.

	1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°	8°	9°	10°
Magnitud de pérdida $h_f$ en m	0.015	0.020	0.040	0.090	0.130	0.160	0.200	0.225	0.280	0.300
Corriente volumétrica $V$ en l/min	3.4	5.1	9.9	16.7	19.2	21.2	23.8	25.6	28.9	30
Corriente volumétrica $V$ en m <sup>3</sup> /min	5.67E-05	8.50E-05	1.65E-04	2.78E-04	3.20E-04	3.53E-04	3.97E-04	4.27E-04	4.82E-04	5.00E-04
Velocidad de corriente en m/s	0.24965481	0.374482219	0.726936072	1.226245698	1.409815413	1.55667119	1.74758369	1.87975388	2.12206591	2.20283658
Número según Reynolds $Re$	3742.62065	5613.930973	10897.63071	18382.87201	21134.79896	23336.3405	26198.3445	28179.7319	31812.2755	33023.1234
Índice de fricción del tubo según Blasius $\lambda$	0.04045224	0.036552721	0.030967308	0.027172721	0.026241397	0.02559931	0.02486955	0.02442037	0.02369124	0.02347102
Magnitud de pérdida calculada $h_f$ en m	0.00604941	0.012299077	0.039263254	0.098034406						
Desviación en %	-148 %	-63 %	-2 %	8 %	-4 %	-7 %	-10 %	-9 %	-9 %	-10 %

**Pérdida de carga en codos**

Ecuaciones:

$$Q = \frac{V}{t} \tag{11}$$

$$A = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \tag{12}$$

$$v = \frac{Q}{A} \tag{13}$$

$$Re = \frac{v \cdot d}{\nu} \tag{14}$$

$$f = \lambda = \frac{0.3164}{\sqrt[4]{Re}} \tag{15}$$

$$k = \zeta = \frac{2 \cdot h_{f \text{ total}} \cdot g}{v^2} - \lambda \frac{l}{d} \tag{16}$$

$$h_m = k \frac{v^2}{2 \cdot g} \tag{17}$$

$$h_{v \text{ total}} = h_f + h_m = \frac{\lambda l}{d} \frac{v^2}{2 \cdot g} + k \frac{v^2}{2 \cdot g} \tag{18}$$

Datos:

$$Q = 27.3 \text{ l/min}$$

$h_f$  : Lectura

$$d = 0.017 \text{ m}$$

$$l = 0.203 \text{ m}, 0.322 \text{ m y } 0.378 \text{ m}$$

$$\nu = 1.134 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$g = 9.80665 \text{ m/s}^2$$

**Cálculo de pérdida de carga en codos ( $h_m$ )**

En esta trayectoria, el agua circula de izquierda a derecha. La dimensión del tubo redondo de PVC es de 20 x 1,5 mm de diámetro y dos codos.

**Figura 6**

Codo de PVC de 90°.



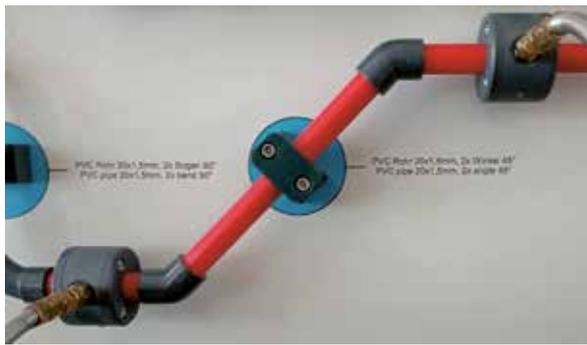
**Figura 7**

Codo arco de PVC de 90°.



**Figura 8**

Codo de PVC de 45°.



**Tabla 23**

Resultados de medición con el equipo HM 150.61.

Codo	Corriente Volumétrica v <sub>max</sub> en l/min	Magnitud de pérdida hm total en mm
Ángulo de 90°	27.3	690
Arco de 90°	27.3	705
Ángulo de 45°	27.3	260

**Tabla 24**

Resultados de medición de manera experimental.

Trayectoria de medición	Diámetro interior D en m	Longitud en m	Corriente volumétrica		Velocidad de corriente V en m/s	Número según Reynolds Re	ε/D
			V en l/min	V en m³/s			
Ángulo de 90°	0.017	0.203	28	4.67E-04	2.05598081	30821.5818	0.00006
Arco de 90°	0.017	0.322	28	4.67E-04	2.05598081	30821.5818	0.00006
Ángulo de 45°	0.017	0.378	28	4.67E-04	2.05598081	30821.5818	0.00006

Trayectoria de medición	λ Cálculo según	Índice de fricción del tubo λ	hf	k dos codos	hm (2 ángulos)	hm individual	Magnitud de pérdida hv total	Desviación en %
Ángulo de 90°	Blasius	0.02388	0.061	3.16	0.68104299	0.34052149	742.4980	7%
Arco de 90°	Blasius	0.02388	0.097	3	0.6465598	0.3232799	744.0402	5%
Ángulo de 45°	Blasius	0.02388	0.114	0.72	0.15517435	0.07758718	269.6078	4%

**Pérdida de carga en modificaciones de sección**  
Expansión súbita

Ecuaciones:

$$Q = \frac{V}{t} \tag{19}$$

$$A = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \tag{20}$$

$$v_1 = \frac{Q}{A} \tag{21}$$

$$Re_1 = \frac{v \cdot d_1}{w} \tag{22}$$

$$Re_2 = \frac{v \cdot d_2}{w} \tag{23}$$

$$f_1 = \lambda_1 = \frac{0.3164}{\sqrt[4]{Re_1}} \tag{24}$$

$$f_2 = \lambda_2 = \frac{0.3164}{\sqrt[4]{Re_2}} \tag{25}$$

$$k = \zeta = \left[ 1 - \left( \frac{A_1}{A_2} \right)^2 \right] = \left[ 1 - \left( \frac{D_1}{D_2} \right)^2 \right]^2 \tag{26}$$

$$h_m = k \frac{v_1^2}{2 \cdot g} \tag{27}$$

Datos:

Q = 28 l/min

h<sub>v</sub> : Lectura

d<sub>1</sub> = 0.017 m

d<sub>2</sub> = 0.0284 m

l<sub>1</sub> = 0.125 m

l<sub>2</sub> = 0.065 m

V = 1.134\*10<sup>-6</sup> m<sup>2</sup>/s

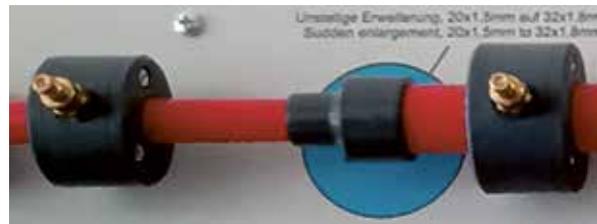
g = 9.80665 m/s<sup>2</sup>

Cálculo de la pérdida de carga en ensanchamiento (h<sub>m</sub>)

En esta trayectoria el agua circula de izquierda a derecha. La dimensión del tubo redondo de PVC pasa de 0.017 m a 0.0284 m de diámetro interno.

**Figura 9**

Tubo de PVC con ensanchamiento de sección.



**Tabla 25**

Resultados de medición con el equipo HM 150.61.

Ensamblamiento de sección 20 mm – 32 mm regular, d1 = 17 mm, d2 = 28.4 mm, l1 = 125 mm	
Corriente volumétrica V en l/min	Magnitud de pérdida hv total en mm
27.9	115

**Tabla 26**

Resultados de medición de manera experimental.

Ensamblamiento de sección 20 mm - 32 mm regular; d1 = 17 mm, d2 = 28.4 mm; l1 = 125 mm, l2 = 65 mm								
V en l/min	Corriente volumétrica		Velocidad de corriente		Re1	Re2	λ1	λ2
	V en m³/s	v1 en m/s	v2 en m/s	Re1				
28	0.00046667	2.05598081	0.75668227	30821.5818	18449.5384	0.02387936	0.02714814	
hf1	hf2	D2/D1	k	hm	hv total en mm	Desviación en %		
0.03784176	0.00171927	1.67058824	0.4	0.08620797	125.769002	9%		

Estrechamiento

Ecuaciones:

$$Q = \frac{V}{t} \tag{28}$$

$$A = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \tag{29}$$

$$v_1 = \frac{Q}{A} \tag{30}$$

$$Re_1 = \frac{v \cdot d_1}{w} \tag{31}$$

$$Re_2 = \frac{v \cdot d_2}{w} \tag{32}$$

$$f_1 = \lambda_1 = \frac{0.3164}{\sqrt[4]{Re_1}} \tag{33}$$

$$f_2 = \lambda_2 = \frac{0.3164}{\sqrt[4]{Re_2}} \tag{34}$$

$$k = \zeta = \left[ 1 - \left( \frac{A_1}{A_2} \right) \right]^2 = \left[ 1 - \left( \frac{D_1}{D_2} \right) \right]^2 \tag{35}$$

$$h_m = k \frac{v_2^2}{2 \cdot g} \tag{36}$$

Datos:

$$Q = 28 \text{ l/min}$$

$h_v$  : Lectura

$$d_1 = 0.0284 \text{ m}$$

$$d_2 = 0.017 \text{ m}$$

$$l_1 = 0.065 \text{ m}$$

$$l_2 = 0.125 \text{ m}$$

$$V = 1.134 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$g = 9.80665 \text{ m/s}^2$$

Cálculo de la pérdida de carga en estrechamiento ( $h_m$ )

En esta trayectoria el agua circula de izquierda a derecha. La dimensión del tubo redondo de PVC pasa de 0.017 m a 0.028 m de diámetro interno.

**Figura 10**

Tubo de PVC con estrechamiento de sección.



**Tabla 27**

Resultados de medición con el equipo HM 150.61.

Estrechamiento de sección 32 mm – 20 mm regular, d1 = 28.4 mm, d2 = 17 mm, l = 125 mm	
Corriente volumétrica V en l/min	Magnitud de pérdida hv total en mm
27.9	275

**Tabla 28**

Resultados de medición de manera experimental.

Estrechamiento de sección 32 mm - 20 mm regular; d1 = 28.4 mm, d2 = 17 mm; l1 = 65 mm, l2 = 125 mm							
Corriente volumétrica		Velocidad de corriente	Velocidad de corriente	Re1	Re2	$\lambda_1$	$\lambda_2$
V en l/min	V en m³/s	v1 en m/s	v2 en m/s				
28	0.00046667	0.73668227	2.05598081	18449.5384	30821.5818	0.02714814	0.02387936
hf1	hf2	D2/D1	k	hm	hv total en mm	Desviación en %	
0.00171927	0.03784176	1.67058824	1	0.21551993	255.080961	-8%	

Pérdida de carga en ramificaciones de tuberías

Separación en Y

Ecuaciones:

$$Q = \frac{V}{t} \tag{37}$$

$$A = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \tag{38}$$

$$v = \frac{Q}{A} \tag{39}$$

$$Re = \frac{v \cdot d}{w} \tag{40}$$

$$f = \lambda = \frac{0.3164}{\sqrt[4]{Re}} \tag{41}$$

$$k = \zeta = \frac{2 \cdot h_{v, total} \cdot g}{v^2} - \lambda \frac{l_e}{d} \tag{42}$$

(En caso de una separación homogénea en piezas T)

**Nota:** Cuando dependen del ángulo de bifurcación  $\phi$  y de la relación  $Q_a/Q$ , se utilizan los diagramas presentados en la parte teórica.

$$h_m = k \frac{v^2}{2 \cdot g} \tag{43}$$

Datos:

$$Q = 32.2 \text{ l/min}$$

$$d = 0.017 \text{ m}$$

$$l_e = 0.150 \text{ m}$$

$$W = 1.134 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$$

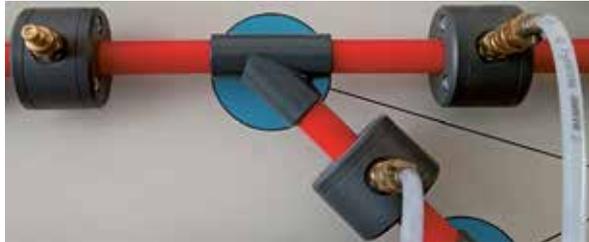
$$g : 9.80665 \text{ m/s}^2$$

Cálculo de la pérdida de carga en separación en Y ( $h_m$ )

En esta trayectoria, el agua circula de izquierda a derecha. La dimensión del tubo redondo de PVC pasa de 0.017m de diámetro interno.

**Figura 11**

Pieza de separación en Y de PVC.



**Tabla 29**

Resultados de medición con el equipo HM 150.61

Pieza en Y		
Separación		
V en l/min	Magnitud de pérdida en mm	
	hva	hvd
32.4	5	120

**Tabla 30**

Resultados de medición de manera experimental.

Pieza en Y di = 17 mm, I = 200 mm					
Separación					
V l/min	V m³/s	Velocidad en m/s	Re	λ Blasius	Magnitud de pérdida en mm
					hva
32.2	0.000536667	2.36437793	35444.8191	0.023059	70 110

**Confluencia en Y**

Ecuaciones:

$$Q = \frac{V}{t} \tag{44}$$

$$A = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \tag{45}$$

$$v = \frac{Q}{A} \tag{46}$$

$$Re = \frac{v \cdot d}{\nu} \tag{47}$$

$$f = \lambda = \frac{0.3164}{\sqrt{Re}} \tag{48}$$

$$k = \zeta = \frac{2 \cdot h_{v, total} \cdot g}{v^2} - \lambda \frac{l_e}{d} \tag{49}$$

(En caso de una separación homogénea en piezas T)

Nota: Cuando dependen del ángulo de bifurcación  $\emptyset$  y de la relación  $Q_a/Q$ , se utilizan los diagramas presentados en la parte teórica.

$$h_m = k \frac{v^2}{2 \cdot g} \tag{50}$$

Datos:

$$Q = 30 \text{ l/min}$$

$$d = 0.017 \text{ m}$$

$$l_e = 0.150 \text{ m}$$

$$\nu = 1.134 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$g = 9.80665 \text{ m/s}^2$$

Cálculo de la pérdida de carga en confluencia ( $h_m$ )

En esta trayectoria, el agua circula de izquierda a derecha. La dimensión del tubo redondo de PVC pasa de 0.017 m a 0.028 m de diámetro interno.

**Figura 12**

Pieza de confluencia de PVC.



**Tabla 31**

Resultados de medición con el equipo HM 150.61.

Pieza en Y		
Separación		
V en l/min	Magnitud de pérdida en mm	
	hva	hvd
30	130	-190

**Tabla 32**

Resultados de medición de manera experimental.

Pieza en Y di = 17 mm, I = 200 mm					
Separación					
V l/min	V m³/s	Velocidad en m/s	Re	λ Blasius	Magnitud de pérdida en mm
					hva
30	0.0005	2.20283658	33023.1234	0.023471	325 335

**Separación en T**

Ecuaciones:

$$Q = \frac{V}{t} \tag{51}$$

$$A = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \tag{52}$$

$$v = \frac{Q}{A} \tag{53}$$

$$Re = \frac{v \cdot d}{\nu} \tag{54}$$

$$f = \lambda = \frac{0.3164}{\sqrt[4]{Re}} \tag{55}$$

$$k = \zeta = \frac{2 \cdot h_{v \text{ total}} \cdot g}{v^2} - \lambda \frac{l_e}{d} \tag{56}$$

$$h_m = k \frac{v^2}{2 \cdot g} \tag{57}$$

Datos:

$$Q = 30 \text{ l/min}$$

$$d = 0.017 \text{ m}$$

$$l_e = 0.150 \text{ m}$$

$$\nu = 1.134 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$g = 9.80665 \text{ m/s}^2$$

Cálculo de la pérdida de carga en separación ( $h_m$ )

En esta trayectoria, el agua circula de izquierda a derecha. La dimensión del tubo redondo de PVC de 0.017 m de diámetro interno.

**Figura 13**

Pieza en T de PVC.



**Tabla 33**

Resultados de medición con el equipo HM 150.61.

Pieza en T		
Separación		
V en l/min	Magnitud de pérdida en mm	
	hva	hvd
30	130	-190

**Tabla 34**

Resultados de medición de manera experimental.

Pieza en T di = 17 mm, l = 150 mm					
Separación					
V	V	Velocidad en	Re	λ	Magnitud de pérdida en mm
l/min	m³/s	m/s		Blasius	hva hvd
30	0.0005	2.20283658	33023.1234	0.023471	0 -40

## Pérdida de carga en griferías

### Válvula de compuerta

Ecuaciones:

$$Q = \frac{V}{t} \tag{58}$$

$$A = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \tag{59}$$

$$v = \frac{Q}{A} \tag{60}$$

$$Re = \frac{v \cdot d}{\nu} \tag{61}$$

$$f = \lambda = \frac{0.3164}{\sqrt[4]{Re}} \tag{62}$$

$$k = \zeta = \frac{2 \cdot h_{v \text{ total}} \cdot g}{v^2} - \lambda \frac{l_e}{d} \tag{63}$$

$$h_m = k \frac{v^2}{2 \cdot g} \tag{64}$$

Datos:

$$Q = 29.3 \text{ l/min}$$

$$d = 0.017 \text{ m}$$

$$l_e = 0.420 \text{ m}$$

$$\nu = 1.134 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$g = 9.80665 \text{ m/s}^2$$

Cálculo de la pérdida de carga en válvula de compuerta ( $h_m$ )

En esta trayectoria, el agua circula de izquierda a derecha. La dimensión del tubo redondo de PVC es de 0.015 m de diámetro interno.

**Figura 14**

Válvula de compuerta.



**Tabla 35**

Resultados de medición con el equipo HM 150.61.

Grifería	Corriente volumétrica V en l/min	Magnitud de pérdida hv total en mm
Corredera de cierre de manguito	29.3	850

Tabla 36

Resultados de medición de manera experimental.

Grifería	Diámetro interior d en m	Longitud en m	Corriente volumétrica		Velocidad de corriente v en m/s	Número según Reynolds Re
			v en l/min	v en m <sup>3</sup> /s		
Corredera de cierre de manguito	0.015	0.28	29.3	0.00048833	2.15143706	32252.58383

Trayecto de tubo	$\lambda$ Cálculo según	Índice de fricción del tubo $\lambda$	hf	k	hm	Magnitud de pérdida total	Desviación en %
Corredera de cierre de manguito	Blasius	0.023609965	0.09177219	2.5	0.58999269	681.7648739	-25%

Tabla 37

Resultados de medición de manera experimental.

Válvula de compuerta	
Revoluciones	Corriente volumétrica V en l/min
0 (cerrado)	0.00
1/2	4.50
3/4	9.70
1	16.70
1 1/4	22.20
1 1/2	25.00
1 3/4	26.50
2	27.30
2 1/2	30.30
3	33.30
3 1/2 (abierto)	33.30

## Discusión

Los valores de la pérdida de carga  $h_{m\text{total}}$  (0.742 m, 0.744 m y 0.269 m) obtenidos son muy cercanos a los valores obtenidos con el sensor del equipo HM 150.61 en los codos antes mencionado.

Como se puede observar, el coeficiente de resistencia del ángulo de 90° corresponde bastante cerca al valor indicado en la bibliografía respecto al tubo acodado rugoso ( $\zeta_{\text{rugoso}}=1.68$ ).

El coeficiente de resistencia para el arco es superior al indicado en la bibliografía (para R/d = 2,35 puede leerse en el diagrama un valor de  $\zeta_{\text{liso}}=0.14$ , o bien,  $\zeta_{\text{rugoso}}=0.28$ ). La prominente desviación puede explicarse con unas transiciones inexactas entre el tubo y el arco.

También, el coeficiente de resistencia para el ángulo de 45° corresponde casi al valor indicado en la bibliografía para  $\zeta_{\text{rugoso}}=0.36$ .

## Conclusiones

- Debido a la poca desviación que existe entre los resultados de medición experimental y el equipo HM 150, es posible utilizar como módulo de aprendizaje en los cursos que tienen afinidad con el uso de estos equipos.

## Referencias bibliográficas

- Çengel Yunus A. & Cimbala John M. (2012). *Mecánica de fluidos Fundamentos y aplicaciones*. Ed. Mc Graw Hill; Segunda ed.
- Dolinšek, S.; Bavec, C.; Mihelič, A. & Prodan, I. (2002). *Upravljanje tehnologije - Ključ konkurenčnosti*. Strojniski Vestnik/Journal of Mechanical Engineering, 48(3), 178–182.
- Giustolisi, O.; Kapelan, Z. & Savic, D. (2007). *A hydraulic simulation model for pipe networks with leakage outflows and pressure-driven demands*. Restoring Our Natural Habitat - Proceedings of the 2007 World Environmental and Water Resources Congress.
- [Http://e-educativa.catedu.es/](http://e-educativa.catedu.es/). (n.d.). Ecuación de continuidad. Retrieved March 10, 2020, from [http://e-educativa.catedu.es/44700165/aula/archivos/repositorio/4750/4918/html/22\\_eacuacin\\_de\\_continuidad.html](http://e-educativa.catedu.es/44700165/aula/archivos/repositorio/4750/4918/html/22_eacuacin_de_continuidad.html)
- Indirect full span calibration method for a digital vacuumeter in cities above sea level*. (s/f). Retrieved March 10, 2020, from [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0121-44702016000200002#f1](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-44702016000200002#f1)
- Liu, J. & Yu, G. (2014). *Analysis of demand and leakage distributing uniformly along pipes*. Procedia Engineering, 89, 603–612. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.11.484>
- Morales, M. D. (2016). *Levitation and suspension forces measurement system for high tc superconductors*. Momento, 60, 55–66. <https://doi.org/10.15446/mo.n60.84228>
- Rivas, A., & Sánchez, G. (n.d.). *Pérdidas de carga en los componentes de las instalaciones hidráulicas*. Retrieved March 7, 2020, from [https://www.academia.edu/28988933/PÉRDIDAS\\_DE\\_CARGA\\_EN\\_LOS\\_COMPONENTES\\_DE\\_LAS\\_INSTALACIONES\\_HIDRÁULICAS](https://www.academia.edu/28988933/PÉRDIDAS_DE_CARGA_EN_LOS_COMPONENTES_DE_LAS_INSTALACIONES_HIDRÁULICAS)
- Sandoval, C.; Caram, J. & Salinas, J. (2009). *La engañosa simplicidad del método de Stokes*. Revista Brasileira de Ensino de Física, 31(4), 4310–4322. <https://doi.org/10.1590/s1806-11172009000400012>

- Stadelmann, W., & Lutz, F. M. (1990). *Vereinfachte Berechnung von Stromungs - druckverlusten in hydraulischen Systemen*. BWK: BRENNSTOFF WARME KRAFT, 42(3, Mar., 1990), 124–128.
- Wuennenberg, W.; George, D.; Habermehl, D. & Rohde, W. (1984). *Unsetzung von ungereinigtem koks-fengas im schwingrohr*. Gluckauf: Die Fachzeitschrift Fur Rohstoff, Bergbau Und Energie, 120(9), 155–156, 557.
- Zhu, X., Cai, B. & Tu, Q. (2011). *Head loss hydraulic calculation step by step for light and small sprinkler irrigation system*. Paiguan Jixie Gongcheng Xuebao/Journal of Drainage and Irrigation Machinery Engineering, 29(2), 180–184. <https://doi.org/10.3969/j.issn.1674-8530.2011.02.18>
- Çengel Yunus A. & Cimbala John M. (2012). *Mecánica de fluidos Fundamentos y aplicaciones*. Ed. Mc Graw Hill; Segunda ed.
- Dolinšek, S.; Bavec, C.; Mihelič, A. & Prodan, I. (2002). *Upravljanje tehnologije - Ključ konkurenčnosti*. Strojnikski Vestnik/Journal of Mechanical Engineering, 48(3), 178–182.
- Giustolisi, O.; Kapelan, Z. & Savic, D. (2007). *A hydraulic simulation model for pipe networks with leakage outflows and pressure-driven demands*. Restoring Our Natural Habitat - Proceedings of the 2007 World Environmental and Water Resources Congress.
- <http://e-ducativa.catedu.es/>. (s/f). *Ecuación de continuidad*. Retrieved March 10, 2020, from [http://e-ducativa.catedu.es/44700165/aula/archivos/repositorio/4750/4918/html/22\\_eacuacin\\_de\\_continuidad.html](http://e-ducativa.catedu.es/44700165/aula/archivos/repositorio/4750/4918/html/22_eacuacin_de_continuidad.html)
- Indirect full span calibration method for a digital vacuometer in cities above sea level*. (s/f). Retrieved March 10, 2020, from [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0121-44702016000200002#f1](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-44702016000200002#f1)
- Liu, J. & Yu, G. (2014). *Analysis of demand and leakage distributing uniformly along pipes*. Procedia Engineering, 89, 603–612. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.11.484>
- Morales, M. D. (2016). *Levitation and suspension forces measurement system for high TC superconductors*. Momento, 60, 55–66. <https://doi.org/10.15446/mo.n60.84228>
- Rivas, A. & Sánchez, G. (s/f). *Pérdidas de carga en los componentes de las instalaciones hidráulicas*. Retrieved March 7, 2020, from [https://www.academia.edu/28988933/PÉRDIDAS\\_DE\\_CARGA\\_EN\\_LOS\\_COMPONENTES\\_DE\\_LAS\\_INSTALACIONES\\_HIDRÁULICAS](https://www.academia.edu/28988933/PÉRDIDAS_DE_CARGA_EN_LOS_COMPONENTES_DE_LAS_INSTALACIONES_HIDRÁULICAS)
- Sandoval, C.; Caram, J. & Salinas, J. (2009). *La engañosa simplicidad del método de Stokes*. Revista Brasileira de Ensino de Física, 31(4), 4310–4322. <https://doi.org/10.1590/s1806-11172009000400012>
- Stadelmann, W. & Lutz, F. M. (1990). *Vereinfachte Berechnung von Stromungs - druckverlusten in hydraulischen Systemen*. BWK: Brennstoff WarmeKraft, 42(3, Mar., 1990), 124–128.
- Wuennenberg, W.; George, D.; Habermehl, D. & Rohde, W. (1984). *Unsetzung von ungereinigtem koks-fengas im schwingrohr*. Gluckauf: Die Fachzeitschrift Fur Rohstoff, Bergbau Und Energie, 120(9), 155–156, 557.
- Zhu, X.; Cai, B. & Tu, Q. (2011). *Head loss hydraulic calculation step by step for light and small sprinkler irrigation system*. Paiguan Jixie Gongcheng Xuebao/Journal of Drainage and Irrigation Machinery Engineering, 29(2), 180–184. <https://doi.org/10.3969/j.issn.1674-8530.2011.02.18>





# Control de la cavitación para obtener los parámetros de funcionamiento óptimos en bombas centrífugas

## Cavitation control to obtain optimal operating parameters in centrifugal pumps

Edmundo Muñico Casas<sup>1</sup>, Raúl Jorge Mayco Chávez<sup>1</sup>, Timoteo Cairo Hurtado<sup>1</sup>

E-mail: e\_2002100606g@uncp.edu.pe / rmayco@uncp.edu.pe / tcairo@uncp.edu.pe

### Cómo citar

Muñico Casas, E.; Mayco Chávez, R. J. & Cairo Hurtado, T. (2020). *Control de la cavitación para obtener los parámetros de funcionamiento óptimos en bombas centrífugas*. *Prospectiva Universitaria, Revista de la UNCP*. 17(1), 79-83. <https://doi.org/10.26490/uncp.prospectivauniversitaria.2020.17.1399>

### Resumen

En el presente trabajo de investigación se describe las variables que influyen en la cavitación de las bombas centrífugas con el objetivo de controlar la cavitación para obtener los parámetros de funcionamiento óptimos en bombas centrífugas desarrollado en el laboratorio de máquinas hidráulicas de la Facultad de Ingeniería Mecánica de la Universidad Nacional del Centro del Perú. La cavitación es uno de los problemas permanentes que se presentan en las instalaciones de los sistemas hidráulicos que, consiste en la formación de burbujas en el de vapor debido a una depresión por debajo del punto de saturación del agua. La investigación realizada es del tipo experimental y aplicativa, cuyas recolecciones de datos empleados se realizó en el módulo de un sistema de bombeo de recirculación que consiste en una bomba centrífuga de marca Pedrollo de 0.5HP de potencia,  $H_{max} = 40$  m,  $Q_{max} = 40$  l/min y tuberías de conducción de 1" transparente PVC, en donde se tomó los datos para realizar los cálculos del NPSH. El resultado del trabajo de investigación consiste en caracterizar la variación del nivel de succión que influía directamente en el  $NPSH_R$  y  $NPSH_D$  de manera que a mayor caudal tiene la tendencia de crecer y disminuir dicho parámetro respectivamente, comprobando de manera objetiva el fundamento que sustenta Mataix (1976).

**Palabras clave:** control de cavitación, cavitación en bombas, parámetros de funcionamiento, bomba centrífuga

### Abstract

In this research work we try to describe the variables that influence cavitation in centrifugal pumps with the objective of controlling cavitation to obtain the optimal operating parameters in centrifugal pumps developed in the hydraulic machinery laboratory of the Faculty of Mechanical Engineering of the National University of the Center of Peru. Cavitation is one of the permanent problems encountered in the installations of hydraulic systems, which consists of the formation of bubbles in the steam due to a depression below the water saturation point. The research carried out is of the experimental and applicative type, whose data collection was carried out in the module of a recirculation pumping system that consists of a 0.5HP Pedrollo centrifugal pump of power,  $H_{max} = 40$  m,  $Q_{max} = 40$  l/min and 1" transparent PVC piping, where the data was taken to perform the NPSH calculations. The result of the research work consists of characterizing the variation in the suction level that directly influenced the  $NPSH_R$  and  $NPSH_D$  so that at higher flow rates the parameter tends to increase and decrease respectively, objectively verifying the foundation that Mataix (1976) supports.

**Keywords:** cavitation control, cavitation, cavitation in pumps, cavitation parameters, centrifugal pumps

<sup>1</sup>Docentes de la Facultad de Ingeniería Mecánica - UNCP

## Introducción

Las bombas centrífugas están presentes en todos los sectores industriales, así como también en nuestros domicilios y es común en nuestra vida cotidiana encontrarnos con estas máquinas; por esa razón, es importante conocer su operación y funcionamiento de una manera óptima debido a que influye en el desarrollo de la producción industrial y en la calidad de vida de nuestra sociedad.

La cavitación es un fenómeno que afecta el funcionamiento de las bombas centrífugas, disminuyendo su rendimiento en la instalación, provocando ruidos y vibraciones, lo cual influye directamente en los parámetros de funcionamiento de las bombas.

Para desarrollar el trabajo de investigación se utilizó un módulo de un sistema de bombeo de recirculación existente en la Facultad de Ingeniería Mecánica debido a los problemas que suscitaba en el funcionamiento de la bomba, tales como la generación de un ruido de golpeteo y vibraciones incesantes; así como, de los reportes de egresados de la facultad, quienes laboran en distintas empresas industriales de la región.

El módulo consiste esencialmente de una bomba centrífuga, un tanque de recirculación libre al medio ambiente, un manómetro, un vacuómetro, un medidor volumétrico, una válvula de control de flujo, una válvula de cierre, un termómetro de contacto y un conjunto de tuberías y accesorios transparente que conforma el sistema de bombeo en un circuito cerrado.

Dado que la instalación del sistema es la de un circuito cerrado, la altura efectiva de la bomba  $H$ , para un determinado caudal de operación debe permanecer constante, independientemente de la presión existente en la superficie libre del agua en el tanque de recirculación.

La prueba consiste en operar la válvula de control de flujo ubicada en la descarga de la bomba y ubicar el nivel de agua a distintas posiciones con la finalidad de realizar las mediciones de la presión en el vacuómetro para verificar la variación de la altura y el caudal óptimo de la bomba que son los parámetros importantes de funcionamiento. Cambiar gradualmente la altura de aspiración en el tanque de aspiración mediante la válvula, generaba variación de presiones entre la entrada y descarga registrándose una disminución de la altura útil de la bomba  $H$ , en un 3 % a 5 % en relación con el valor inicial, mostrando como indicativo de cavitación.

El control de la cavitación es importante en las instalaciones de sistema de bombeo y, para ello se tenía que analizar las variables que generaban la cavitación en las bombas

La cavitación es un fenómeno muy importante en las bombas hidráulicas, influyendo en su funcionamiento debido a la mala instalación de la succión que,

comunmente, no toman en cuenta los técnicos encargados en la operación de la bomba en las empresas; ante ello, debido a su poca atención, se tiene investigaciones realizadas, pero con poca claridad respecto al control de este fenómeno que incrementa el riesgo de problemas en la succión (Mataix, 1976).

A veces, el desperfecto se describe como si hubiera carcomido un queso por los ratones (rodete y carcasa). En general, el daño provocado por una cavitación se limita a estas dos piezas que afecta a los parámetros de funcionamiento óptimo de la máquina hidráulica. Por otra parte, la cavitación a la entrada de la carcasa (o de impulsión) es mucho más destructiva que la anterior; en este caso, aparecen las picaduras características en el extremo de los álabes y su parte anterior (Fig. 1). Si la cavitación es suficientemente severa, el ataque avanza por todo el álabe (Reyes, 2007).

**Figura 1**

*Efectos de la cavitación en los álabes del impulsor.*



La presente investigación se llevó a cabo en el Laboratorio de Máquinas Hidráulicas de la Facultad de Ingeniería Mecánica de la UNCP, donde se realizaron ensayos en el circuito del sistema de bombeo hidráulico, obteniendo los datos del caudal, presiones, altura de succión y temperatura para diferentes regulaciones a través de la válvula de regulación del flujo de fluido.

## Materiales y métodos

### Materiales

Consiste esencialmente:

- Una bomba centrífuga marca Pedrollo de 0.75 HP, 5 40 m de altura 5 - 40 l/min de caudal.
- Un tanque de recirculación de descarga y aspiración libre al medio ambiente.
- Un manómetro
- Un vacuómetro.
- Un medidor volumétrico que consiste en un vertedero triangular de pared delgada.
- Una válvula de control de flujo.

- Una válvula de cierre.
- Un termómetro de bulbo con mercurio.
- Un conjunto de tuberías y accesorios que configuran un circuito cerrado de PVC transparente de 1".

**Figura 2**

Módulo de sistema de bombeo de circuito cerrado.



Nota: FIM (Foto: 02-03-2020)

## Metodología

### Método experimental

El trabajo de investigación se realizó de manera experimental mediante los métodos de evacuación del agua contenido en el tanque hasta una altura de succión determinada para diferentes caudales, regulado con la válvula de control.

#### a) El NPSH en las bombas

El término más común para describir las condiciones de succión de una bomba es la altura de succión positiva neta (NPSH), definida por el Hydraulic Institute (USA).

La altura de succión positiva que la bomba necesita para aspirar el agua es el NPSH requerida definido según la siguiente expresión:

$$NPSH_R = \frac{P_x}{\rho} + \frac{V_x^2}{2g} - \frac{V_v}{\rho} \quad (1)$$

La ecuación muestra la altura neta de succión positiva requerida ( $NPSH_R$ ), esta ecuación se refiere a las condiciones de succión necesarias para el funcionamiento correcto de la bomba sin cavitación (Balcázar, 2013).

#### b) El NPSH en la instalación

La altura neta de succión positiva en la instalación disponible ( $NPSH_D$ ), y expresa la forma en la cual opera la instalación, es la altura neta de succión positiva que se responsabiliza el instalador y está definido por:

$$NPSH_D = \frac{P_a - P_v}{\rho} - H_s - H_{fs} \quad (2)$$

#### c) Condiciones de la cavitación

Para la no cavitación de la bomba, se deben cumplir las siguientes condiciones:

1° La altura neta de succión positiva requerida debe ser menor que la disponible.

$$NPSH_D > NPSH_R \quad (3)$$

2° La presión absoluta a la entrada de la bomba debe ser mayor que la presión de saturación a la temperatura del fluido.

$$\frac{P_E}{\gamma} \geq \frac{P_s}{\gamma} \quad (4)$$

3° La altura de suspensión de la bomba de la instalación debe ser menor que la altura de suspensión máxima, en por lo menos 0.5 m

d) Características específicas intervinientes en la cavitación

- Las propiedades del fluido:
  - Temperatura: 10 °C – 15 °C.
  - Densidad del fluido: 999.7 kg/m<sup>3</sup>
- Características de la instalación:
  - Altura de succión: 0,50 -1,50 m
  - Presión atmosférica: 6.86 m (altitud de 3280 msnm)
  - Altura de la presión de vapor: 0.92 m
  - Pérdidas en la succión: Tuberías lisa ( $g = 0.01$  m) y accesorio
- Bomba centrífuga:
  - Caudal(Q): 5 – 40 l/min
  - Velocidad de rotación (N): 3450 rpm
  - Velocidad específica (Nsq): 230
  - Altura útil(H): 5 – 40 m

## Resultados

### Datos registrados

Durante los ensayos realizados se obtuvieron los siguientes registros en los instrumentos del módulo indicados en la Tabla 1.

**Tabla 1**Presiones registradas durante de las pruebas de ensayo en el sistema de bombeo para distintas  $H_s$ .

N°	Hs (m)	Q (G/min)	pE (PSI)	pS (PSI)	T (°C)
1	1.20	6.4	9.54	20.06	9.90
2	1.25	5.5	10.20	20.80	10.50
3	1.35	2.5	11.60	21.40	10.60
4	1.40	1.5	12.94	22.54	10.70
5	1.45	1.2	13.07	24.16	10.50
6	1.50	0.1	14.19	25.20	10.60

**Datos procesados**

**a) Cálculo de la altura útil de la bomba**

De los datos experimentales, se procedió a los cálculos de los parámetros hidráulicos de la bomba, las que se tienen tabulados en la Tabla 2.

**Tabla 2**

*Altura útil de la bomba calculada.*

Nº	Hs (m)	Q (G/min)	pE (PSI)	pS (PSI)	T (°C)	H (m)
1	1.20	6.4	9.54	20.06	9.90	20.8
2	1.25	5.5	10.20	20.80	10.5	21.7
3	1.35	2.5	11.60	21.40	10.6	23.1
4	1.40	1.5	12.94	22.54	10.7	24.9
5	1.45	1.2	13.07	24.16	10.5	26.1
6	1.50	0.1	14.19	25.20	10.6	27.6

**b) Cálculo de INPSH**

Los cálculos de la altura neta de succión positiva de las bomba, así como de la instalación, se realizó utilizando las ecuaciones (1) y (2) las que se tabulan en la Tabla 3.

**Tabla 3**

*Datos procesados del NPSH.*

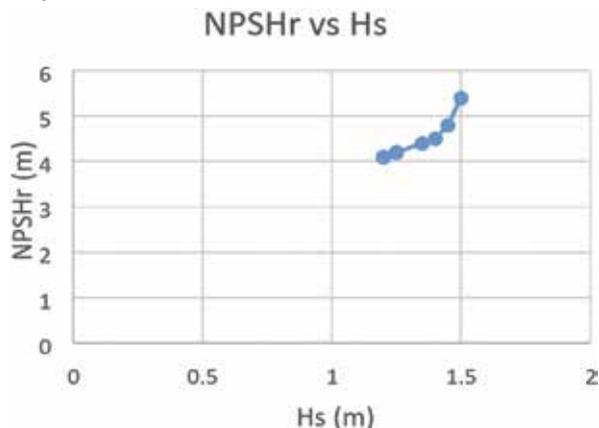
Nº	Hs (m)	Q (G/min)	pE (PSI)	T (°C)	H (m)	NPS HR (m)	NPS HD (m)
1	1.20	6.4	9.54	9.90	20.8	4.1	5.65
2	1.25	5.5	10.20	10.5	21.7	4.2	5.62
3	1.35	2.5	11.60	10.6	23.1	4.4	5.58
4	1.40	1.5	12.94	10.7	24.9	4.5	5.5
5	1.45	1.2	13.07	10.5	26.1	4.8	5.36
6	1.50	0.1	14.19	10.6	27.6	5.4	5.1

**c) Diagramas de comportamiento**

Resultados de comportamiento del sistema de bombeo en base a los ensayos realizados en la instalación de bombeo.

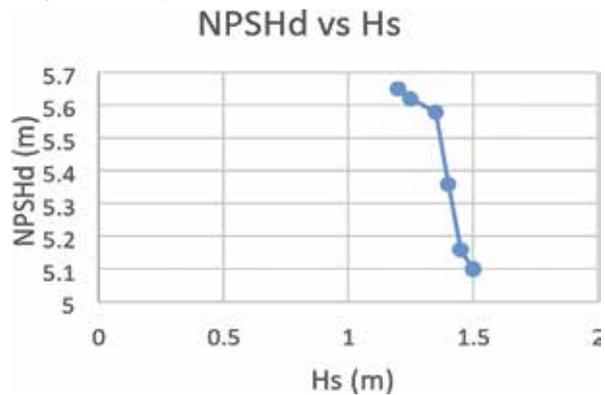
**Figura 3**

*Diagrama de la variación del Hs vs NPSHr.*



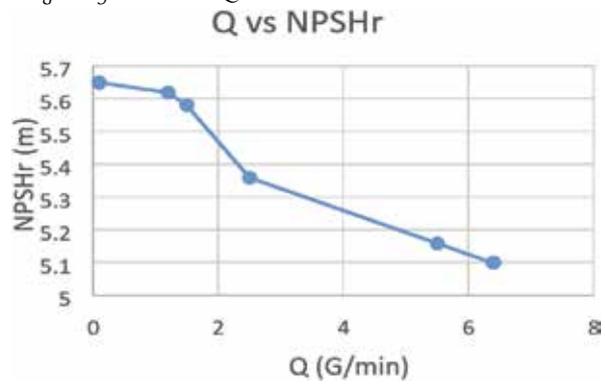
**Figura 4**

*Diagrama de comportamiento de Hs vs NPSHD.*



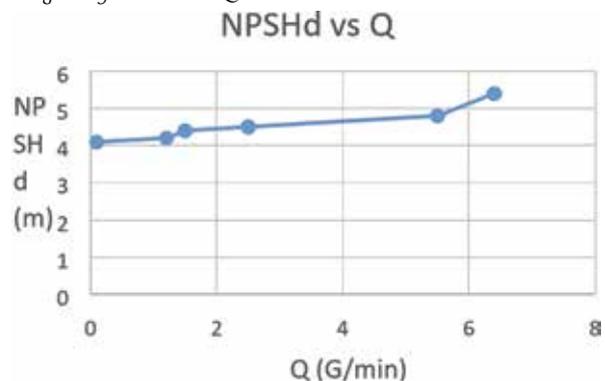
**Figura 5**

*Diagrama funcional de Q vs NPSHr.*



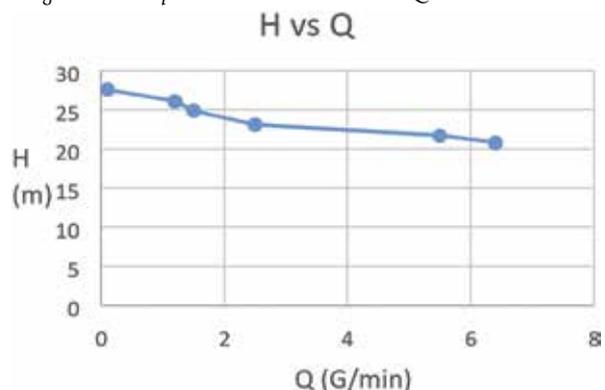
**Figura 6**

*Diagrama funcional de Q vs NPSHd.*



**Figura 7**

*Diagrama de comportamiento de la bomba H-Q.*



## Discusión

Según la Figura 3, se puede visualizar la dependencia de  $NPSH_R$  vs  $H_s$ , indicando que a medida que aumenta el  $H_s$ , aumenta el  $NPSH_R$ , tal como explica el fundamento de cavitación de Mataix (1976)

Según la Figura 4, se puede apreciar que, si la altura de succión  $H_s$  aumenta, el  $NPSH$  disponible disminuye, haciendo que sea más propenso la cavitación de la bomba, tal como explica Mataix (1976).

De la Figura 5, se puede establecer que la dependencia del  $NPSH_R$  vs  $Q$  hace que a mayor caudal aumenta el  $NPSH_R$ .

Karassik (1981) explica que es más propenso la cavitación si aumenta el caudal en un sistema de bombeo, tal como la Figura 6, en donde se demuestra la tendencia del  $NPSH$  disponible al aumento del caudal.

Finalmente, la Figura 7 muestra que la altura útil o efectiva de la bomba disminuye a mayor caudal, lo que demuestra que toda bomba establece esta tendencia.

## Conclusiones

- Al caracterizar la variación del nivel de succión que influye directamente en el  $NPSH_R$  y  $NPSH_D$  de manera que, a mayor caudal tiene la tendencia de crecer y disminuir dicho parámetro respectivamente, comprobando de manera objetiva el fundamento que sustenta Mataix (1976).

## Referencias bibliográficas

- Balcázar Cruz, F. (2013). *Análisis de las variables de la cavitación en bombas centrífugas horizontales*. Tesis de grado de Ingeniero Mecánico. Instituto Politécnico Nacional, Unidad Azcapotzalco, México.
- De Souza, Z. (1991). *Dimensionamiento de máquinas de flujo, turbinas, bombas e ventiladores*. Editorial E. Blucher; San Pablo.
- Fernández Diez P. (1998). *Bombas, ventiladores y turbinas hidráulicas*, Edit. Universidad de Cantabria, Santander.
- Carcía M. A. (2011). *Turbomáquinas: Turbinas hidráulicas*. Universidad Nacional del Callao, Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica. Lima, Editorial IIUNAC. <https://unac.edu.pe/images/documentos/.../vri/.../IF>.
- Gardea Villegas, Humberto. (1992). *Aprovechamientos hidroeléctricos y de bombeo*. Edit. Trillas. México. ISBN: 9682444071
- González, V. (1991). *Hidráulica, bombas y compresores*. Editorial Pueblo y Educación, Ciudad de la Habana.
- Karassik., J. I. (1981). *Factores hidráulicos del sistema*. Hydraulic Institute Standards, New York.
- Karelin, B. I. (1975). *Fenómeno de Cavitación en Bombas Centrífugas y Axiales*. Mashinostroenie, Moscú.
- Mataix, Claudio. (1976). *Mecánica de fluidos y máquinas hidráulicas*. Edit. Harla, España.
- Normas Técnicas Brasileira ABNT/NBR-10131. (1987). *Bombas hidráulicas de flujo*. Terminología, Río de Janeiro. p. 25).
- Ramos, N. (1994). *Bombas, ventiladores y compresores*. Editora ISPJAE, Ciudad de la Habana.
- Pérez, B. R. (2004). *Cavitación y materiales de construcción en las bombas centrífugas*. Revista Minería y Geología.
- Pérez, B. R. (2004). *Procedimiento para evaluar y seleccionar Bombas Centrífugas*. Revista Minería y Geología.
- Reyes, D. J. (2007). *Diagnóstico de instalaciones de transporte de hidromezcla afectadas por cavitación*. Revista Minería y Geología.
- Salazar Merino, Jorge. (2015). *Diseño de bombas centrífugas*. Tesis. UNI. Lima- Perú
- Sierra Bravo, R. (2001). *Metodología de la investigación*. Internacional S.T. , México.





## Perfil de estilo intelectual cognitivo de estudiantes de la Facultad de Ingeniería Metalúrgica y de Materiales de la Universidad Nacional del Centro del Perú

### Cognitive intellectual style Profile of students from the Faculty of Metallurgical and Engineering Materials of the Universidad Nacional del Centro del Perú

Elías Chaccha Tinoco<sup>1</sup>, Gustavo L. Álvarez Sierra<sup>2</sup>, Karina R. Palomino Carhuallanqui<sup>2</sup>, Carlos Álvarez Sierra<sup>2</sup>

E-mail: [elchaccha@uncp.edu.pe](mailto:elchaccha@uncp.edu.pe) / [gualvarez@uncp.edu.pe](mailto:gualvarez@uncp.edu.pe) / [kapalomino@uncp.edu.pe](mailto:kapalomino@uncp.edu.pe)

#### Cómo citar

Chaccha Tinoco, E.; Álvarez Sierra, G. L.; Palomino Carhuallanqui, K. R. & Álvarez Sierra, C. (2020). *Perfil de estilo intelectual cognitivo de estudiantes de la Facultad de Ingeniería Metalúrgica y de Materiales de la Universidad Nacional del Centro del Perú*, Revista de la UNCP. 17(1), 87-97. <https://doi.org/10.26490/uncp.prospectivauniversitaria.2020.17.1383>

#### Resumen

El trabajo de investigación utilizó 20 preguntas en la escala de Likert del instrumento de dominancia cerebral de Herrmann, teniendo como objetivo determinar las diferencias en la dominancia cerebral de los estudiantes de la Facultad de Ingeniería Metalúrgica y materiales de la Universidad Nacional del Centro del Perú. Se trabajó con 140 estudiantes matriculados en el ciclo semestral 2019-I, de los diferentes semestres. Para el análisis de los datos, se utilizó tablas y gráficos descriptivos.

Para la validación de instrumento, se utilizó alfa de Cronbach igual a 0.77, los resultados encontrados permitieron visualizar que existen diferencias en la dominancia cerebral; donde sin dominancia cerebral representa el 49,29 %, dominancia primaria el 30,71%, dominancia secundaria el 10,00 %, dominancia terciaria 7,14 % y dominancia cuádruple el 2,86 %. Se tiene que la muestra representa que el 49,29 % no tiene dominancia y solo el 2,86 % posee dominancia cuádruple, entre los estudiantes de la indicada facultad. Por lo que, el mayor porcentaje de estudiantes no presentan ninguna dominancia de los cuatro cuadrantes o las evitan.

**Palabras clave:** dominancia cerebral, universitarios, cuadrantes cerebrales, estilos de aprendizaje

#### Abstract

The research work used 20 questions on the Likert scale from Herrmann's brain dominance instrument, in order to determine the differences and the brain dominance of the students of Metallurgical and Materials Engineering Faculty of the Universidad Nacional del Centro del Perú. The work was performed with 140 students from different semesters in 2019-I. Descriptive graphics and tables were used to analyze the data.

Cronbach's alpha equal to 0.77 was used to validate the instrument, the results allowed visualizing the existence of differences in brain dominance, where without brain dominance represents 49.29 %, primary dominance 30.71 %, secondary dominance 10,00 %, tertiary dominance 7.14 % and quadruple dominance 2.86 %. The sample represents that 49.29 % don't have dominance and only 2.86 % has quadruple dominance, among the mentioned students. Therefore the highest percentage of students do not present any dominance of the four quadrants or avoid them.

**Keywords:** brain dominance, university students, brain quadrants, learning styles

<sup>1</sup>Docente de la Fac de Ing. Metalúrgica y de Materiales UNCP / <sup>2</sup>Administrativos - UNCP

## Introducción

Todos los estudiantes tienen un estilo único de aprendizaje, y cual les permite aprender y procesar información de manera eficiente. Estos estilos influyen en la forma de enseñar y la forma en que los estudiantes aprenden. Durante muchas décadas, los sistemas educativos del país se han centrado principalmente en las estrategias de enseñanza y evaluación del cerebro izquierdo. La aplicación y participación de la neurociencia en la formación docente es casi nula (Godiño, 2010). Este problema revisten una alta complejidad y, por lo tanto, requieren de soluciones de largo alcance, asociadas con cambios profundos en todos los ámbitos de la sociedad; actualmente, hay una demanda de estudiantes de pensamiento holístico, ser innovador, trabajar en equipo, sintetizar la información, la integración de los valores y la ética ambiental y de la sociedad en su trabajo, comunicarse de manera efectiva y resolver problemas de manera creativa.

Es innegable que la solución de problemas depende de algunas formas de convergencia y síntesis, así como de un amplio conocimiento y motivación (Amabile & Pratt, 2016). Estas formas de pensar se han descuidado en la mayoría de los planes de estudio. Un nuevo modelo educativo debe inculcar la cultura de la tolerancia, la diversidad y el respeto, debe centrarse en formas creativas de enseñar a los estudiantes con intereses, que sus diferencias pueden constituir la base de una sociedad, reflexiva, crítica y creativa. Al respeto, Rief (1993) indica que las investigaciones muestran que “los estudiantes retienen el 10 % de lo que leen, el 20 % de lo que escuchan, el 30 % de lo que ven, el 50 % de lo que ven y escuchan, el 70 % de lo que dicen, 90 % de lo que dicen y hacen” (p. 53). Pozo (2014) resumió que los estudios sobre las concepciones y prácticas de los docentes demostraron que existe una tendencia a ayudar a otros a aprender de una manera muy similar como aprendieron los maestros. En ese sentido, casi en su totalidad los profesores enseñan de acuerdo a cómo esperan que sus estudiantes aprendan (Ramsden, 1993) y a las formas cómo aprendieron (Pourhosein, 2012). Estos estudios asumen que las prácticas educativas no solo comprenden la transmisión de conceptos, sino también de formas de pensar y actuar (Hervás, 2003).

Consecuentemente, los estudios han demostrado que los estilos de enseñanza de los docentes inciden en los estilos de aprendizaje de los estudiantes en la universidad (Gargallo, 2008; Ventura & Moscoloni, 2015). Uno de los modelos para determinar los estilos de aprendizaje basado en las neurociencias es el modelo del cerebro total de Herrmann, que usa un instrumento que identifica las características de personalidad, combina el modelo de cerebro triuno de Paul McLean con el hemisferio cerebral izquierdo y

derecho (Sperry, 1973), para formar un modelo del cerebro humano con dos estructuras pareadas, las dos mitades del sistema cerebral y las dos mitades del sistema límbico. El modelo de cuatro lados de estilos de pensamiento se atribuye metafóricamente para cuatro regiones del cerebro. Estos cuatro cuadrantes (A, B, C, D) se pueden caracterizar como: A-lógica, B-organizado, C-interpersonal y D-imaginativa. La creatividad es un proceso que implica los cuatro cuadrantes. Por su parte, Campos (2010) menciona que la neurociencias ha aportado conocimientos en el campo pedagógico.

Marland y Edwards (1986) recuerdan que en la última década, los investigadores de aulas han comenzado a mostrar interés en cómo piensan los estudiantes durante la instrucción en el aula. El impulso de este cambio de enfoque proviene de un paradigma de investigación que propone que los procesos de pensamiento en clase median los efectos de los procesos de enseñanza en el aprendizaje de los estudiantes y que los estudios del pensamiento de los estudiantes podrían ser la clave para una mejor comprensión de cómo los procesos de enseñanza deben influir en el aprendizaje de los estudiantes Gardié (2000). Los resultados de la investigación confirman de manera general la hipótesis de la inadecuada utilización del potencial creativo en ambos hemisferios cerebrales. Por otro lado, los estudiosos De Boer & Coetzee (2001) exponen que una variedad de estrategias de enseñanza deben ser utilizadas para comprender la manera de pensar de los estudiantes y aplicar este conocimiento para el desarrollo de uno mismo. También, Rojas, Salas & Jiménez (2006) advierten que el estilo dominante es el Secuencial Concreto, y el menos dominante es el Casual Abstracto; tienden a preferir más lo secuencial que lo casual, y más lo concreto que lo abstracto como modalidad de aprendizaje.

Casi todos los estilos de pensamiento se asocian significativamente con casi todos los estilos de aprendizaje; los estilos de pensamiento tienen un efecto estadísticamente significativo en los cuatro estilos de aprendizaje. Las carreras de estudio producen un efecto estadísticamente significativo en los estilos de aprendizaje y en los estilos de pensamiento. Hay una fuerte interdependencia y relación entre las calificaciones y el estilo Secuencial Concreto. No existe asociación ni correlación positiva significativas entre los estilos de pensamiento y los estilos de aprendizaje por un lado y, el rendimiento académico por otro.

En la investigación realizada por Khalid, Ghani, Saleh & Yin (2011) concluyen que se encontró que no hay diferencias estadísticamente significativas entre los estudiantes de estilos de pensamiento basados en el modelo total de cerebro de Herrmann. Este resultado significa que los estudiantes que tienen una cierta forma de pensar no serían sustancialmente di-

ferentes de aquellos con otros estilos de pensamiento. Paralelo a esto, los resultados también mostraron diferencias significativas entre los estilos de pensamiento de los estudiantes según el género. Por su parte, Ojeda, Mexicano & Mosqueda (2011), basándose en la teoría del instrumento de dominancia cerebral de Herrmann - HBDI (Herrmann, 1989), el cual se modificó para su aplicación en estudiantes donde las variaciones eran lineales, obtuvieron la ecuación de la línea recta y procedieron a analizar los supuestos que reflejan el grado de cambio en el estilo de pensamiento contra el tiempo.

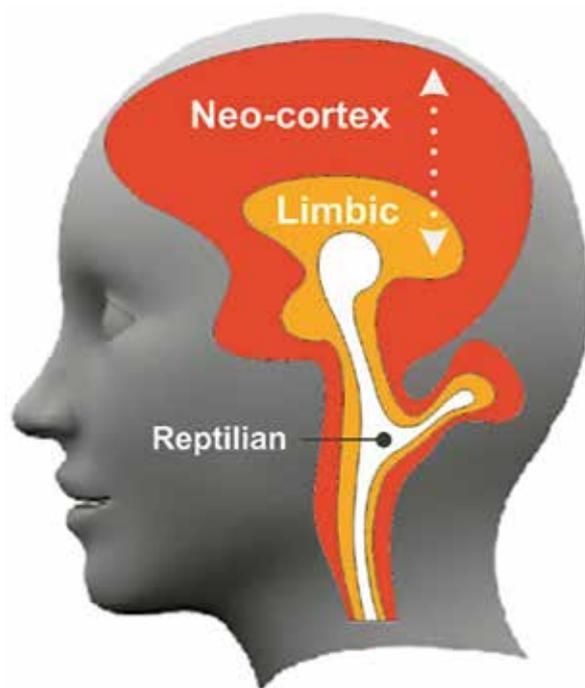
### Desarrollo

#### El modelo del cerebro total

El modelo fue desarrollado por Ned Herrmann, fue presidente de la American Creativity Association y pionero en el campo del pensamiento creativo y el razonamiento. Se especializó en física y música; desde muy joven, trabajó en General Electric para mejorar la producción, la motivación y la creatividad entre los empleados. Con este fin, Herrmann (1995) analizó los diferentes estilos de pensamiento y aprendizaje de los trabajadores; a partir de ello, dibujó un mapa del cerebro basado en la teoría del cerebro triuno de Mclean y cerebro derecho e izquierdo de Sperry.

**Figura 1**

*Las formaciones del cerebro triuno. Tomado de Belfo (2016)*

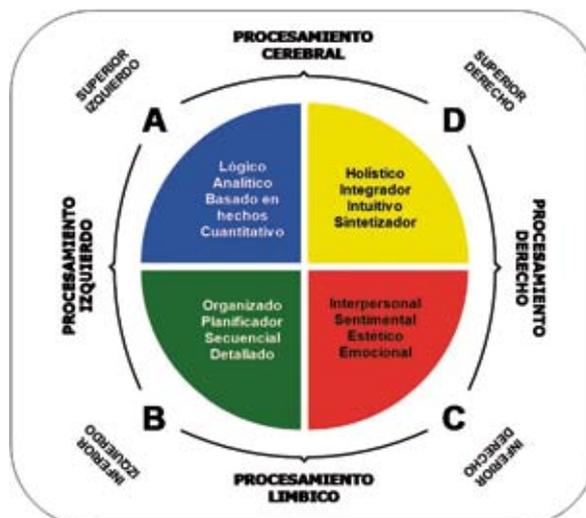


Herrmann desarrolló la teoría de los cuadrantes cerebrales y describió cuatro tipologías; son cuatro formas diferentes en que las personas, teóricamente, tienden a aprender, pensar, crear, interactuar y entender la vida.

- Tipo A. Son personas muy racionales que recogen datos de hechos concretos. Las personas analíticas también tienden a ser competitivas e individualistas, así como inteligentes e irónicas. Además, tienden a tener un buen sentido del humor. Los trabajos más adecuados para este tipo de dominación cerebral son los relacionados con matemáticas, física, ingeniería, química, entre otros.
- Tipo B. Es un tipo organizado de persona que ama el orden y es meticuloso. No hacen nada sin haberlo planeado primero. Les gusta todo lo que es predecible, conservador y bajo su control. En general, las personas en este cuadrante de "organización" serían buenos directores de empresas, gerentes, contadores, entre otros.
- Tipo C. Se refiere al dominio del cerebro que tiende hacia las emociones y la necesidad de conectarse con los demás. Se relacionan con otros y disfrutan del contacto social donde pueden sentirse útiles, dar y recibir. Son personas buenas para comunicarse, espontáneas y extrovertidas. En general, prefieren trabajos como periodismo, enfermería, trabajo social, defensa, entre otros.
- Tipo D. Se refiere a personalidades con mentes holísticas. Son personas visuales, espontáneas y altamente creativas. Son personas a quienes les gusta experimentar e innovar, incluso si eso conlleva un riesgo. Siempre están mirando hacia el futuro, pero también intentan aprender del presente. Entonces, la gente de tipo D trabajando como arquitectos, escritores, músicos, pintores, diseñadores, y otros.

**Figura 2**

*El modelo del cerebro total de Herrmann. Tomado de Herrmann (1995, p. 411)*



Además, el modelo de la Figura 2 divide al círculo en cuatro cuadrantes, que representan los cuatro modos de pensamiento diferentes; Herrmann resume en dos categorías: estructurado (izquierda) y no estructurado (derecha) (1995, p. 63). En la categoría estructurada (modo a la izquierda), es, lo que Herrmann denomina, un procesamiento difícil que trata cuestiones y actividades lógicas, racionales, críticas y cuantitativas. Los elementos procedimentales, planificados, secuenciales y organizados del proceso de aprendizaje, también se encuentran en este modo (asociado con el pensamiento de cuadrantes A y B).

Su argumento se basó en teorías de la modularidad de las funciones cognitivas, incluidas especializaciones bien documentadas en la corteza cerebral y los sistemas límbicos del cerebro y, la investigación sobre la lateralización del cerebro de izquierda a derecha por Sperry, Ornstein, Mintzberg & Gazzaniga (1977). Estas teorías fueron desarrolladas para reflejar una metáfora de cómo los individuos piensan y aprenden. El uso de esa metáfora trajo críticas posteriores por parte de los investigadores del cerebro, como Terence Hines por ser demasiado simplista; sin embargo, el constructo metafórico ha demostrado ser efectivo en una variedad de contextos organizacionales, especialmente para empresas y gobiernos. (Benziger & Sohn, 1993, p. 247; Herrmann, 1995, p. 63).

El HBDI fue desarrollado para medir las preferencias mentales humanas descritas por Whole Brain Model. Específicamente, el instrumento fue desarrollado para medir los cuatro sistemas integrados que describen efectivamente grupos de preferencias individualizadas. El HBDI se basa en la teoría y tiene soporte para su validez a través de evidencia, tanto racional como empírica. Investigaciones anteriores han demostrado que las medidas HBDI son válidas para los cuatro sistemas integrados de preferencias mentales (Ho, 1988; Bunderson et al., 1982). Además, investigaciones anteriores han demostrado que los puntajes del HBDI pueden usarse de manera válida para predecir e informar las preferencias de pensamiento, el rendimiento y los resultados.

### Las preferencias del pensamiento: Modelo del cerebro total de Ned Herrmann

Herrmann describe las preferencias del pensamiento asociadas a algún cuadrante del cerebro y desarrolla un modelo de acuerdo con el cual, una vez que se conocen las maneras de pensar que satisfacen más y permiten mejores resultados, se abre la puerta para desarrollar la comunicación, la resolución de problemas, el liderazgo y la toma de decisiones, entre otros factores. Del modelo de Herrmann se desprende que existen cuatro estilos de aprendizaje de los estudiantes:

Alumnos racionales (predominancia del hemisferio superior izquierdo): Generalmente son fríos y distantes, inteligentes, irónicos, buenos para criticar y evaluar, competitivos e individualistas. Aprenden analizando, razonando, usando la lógica; les gustan las clases argumentadas, apoyadas en hechos.

Alumnos metódicos (predominancia del hemisferio inferior izquierdo): Se caracterizan por ser introvertidos, minuciosos, dan mucha importancia a la experiencia. Aprenden de manera secuencial, planificada, formal y estructuradamente; les gustan las clases organizadas y rutinarias.

Alumnos experimentales (predominancia del hemisferio superior derecho): Tienen sentido del humor, son originales, independientes, arriesgados y tienden a las discusiones. Aprenden conceptualizando, sintetizando, visualizando, asociando e integrando, les gustan los proyectos originales.

Alumnos emotivos (predominancia del hemisferio inferior derecho): Son extrovertidos, emotivos, espirituales. Aprenden escuchando y preguntando, evaluando los comportamientos; integran mediante la experiencia, tienen la necesidad de compartir y convivir con sus compañeros. Son estudiantes que trabajan si el docente les agrada o si el tema es de su interés.

### La creatividad

De acuerdo al modelo del cerebro total de Herrmann el perfil ideal es la dominancia integral de los cuatro cuadrantes cerebrales y, como consecuencia, se da el paso a la creatividad.

Según Gardié (1997) define la creatividad como:

Un proceso complejo, en el que intervienen múltiples elementos de diversa naturaleza, y que culmina con una producción novedosa (por ejemplo: proposiciones originales, descubrimiento, visiones, reestructuraciones, obras artísticas). Dicho proceso de acuerdo con el juicio de expertos en dominios específicos, presenta un determinado valor científico, social, estético o tecnológico, en el marco de un momento histórico y de unos medios culturales específicos. La anterior definición, en lugar de rechazar concepciones, enfoques o paradigmas determinados, abre espacios a la interacción múltiple de elementos, ideas e interpretaciones de inspiración innovadora.

Nuevas investigaciones reivindican que la creatividad es una compleja combinación de la que forman parte los componentes afectivos (Burgess, 2001; Redfield, 1993), así como el cognoscitivo (Jamison, 2001; Berenbaum, 2001; O'Reilly, 2001).

## Lateralidad y aprendizaje

Uno de los aprendizajes que emergen de la presentación anterior es que existen dos modalidades de pensamiento: una verbal y otra no-verbal, representadas por los hemisferios cerebrales izquierdo y derecho, respectivamente. No obstante, los sistemas educativos de la mayoría de las sociedades occidentales tienden a privilegiar el desarrollo del hemisferio izquierdo. Esta tendencia puede ser claramente observada cuando se constata que las áreas curriculares que tienen mayor énfasis en la escuela elemental son las de: lectura, escritura y aritmética; dejando de esta manera la otra mitad de la potencialidad del individuo con una posibilidad de desarrollo bastante limitada, por decir lo menos. Las expresiones emocionales, la creatividad, la fantasía, las precepción, la música, el arte, así como ser intuitivo, sintético, difuso y holístico, están relacionados con el pensamiento del hemisferio derecho (Braidot, 2013, p.31; Braidot, 2006, p.54); por su parte, Pizarro (2003, pp. 92, 94, 96) agrega que el hemisferio derecho se interesa por las relaciones y por el todo. Respecto al hemisferio izquierdo el procesamiento analítico, secuencial, racional, lineal, también como la escritura, las ciencias, las matemáticas, así como ser realista, están relacionadas con este hemisferio (Braidot, 2009, p. 31; Braidot, 2006, p.54).

## Aprendizaje visual y auditivo

Las personas que aprenden, principalmente a través del canal visual tienden a aprender mejor, siendo más reflexivos; pueden pensar en imágenes y prefieren diagramas, colores, videos, esquemas y folletos; pueden visualizar fácilmente objetos, planes y resultados en su mente. Este tipo de estudiante tiene una preferencia por ver una actividad demostrada en lugar de solo explicarse verbalmente. En general, al leer, el aprendiz visual creará imágenes para comprender el texto que está leyendo. A menudo recordarán caras en lugar de nombres. Recientemente, el aprendizaje reflexivo se ha definido como un proceso de poner experiencias frente a un espejo para explorarlas desde diferentes ángulos, mientras que la práctica reflexiva ayuda a explorar lo que está "más allá del campo visual" (Freshwater, 2012). La práctica reflexiva es el proceso de obtener nuevos conocimientos a través de la autoconciencia y la reflexión crítica sobre experiencias pasadas y presentes (Freshwater, Taylor y Sherwood, 2008).

Los aprendices auditivos o verbales prefieren aprender a través de las palabras, generalmente escuchando. Pueden asimilar el idioma muy rápidamente, ya sea hablado o leído; a menudo son habladores y necesitan pensar en voz alta. Los aprendices auditivos tienen más probabilidades de recordar el nombre de alguien más que su apariencia; también, pueden

recordar con bastante precisión los detalles de la información que escuchan durante las conversaciones o conferencias. Tienen habilidades lingüísticas sólidas, que incluyen un vocabulario bien desarrollado y una apreciación de las palabras. Las fuertes habilidades del lenguaje a menudo conducen a fuertes habilidades de comunicación oral. Pueden mantener conversaciones interesantes y articular sus ideas con claridad. A menudo, la información escrita tendrá poco significado hasta que se escuche.

## Métodos y materiales

### Técnica e instrumentos de recolección de datos

La población está constituida por los estudiantes de la Facultad de Ingeniería Metalúrgica y materiales de la UNCP, periodo 2019-I. La muestra está constituida por 140 estudiantes de la Facultad de Ingeniería Metalúrgica y de Materiales de la UNCP. Su elección fue por accesibilidad.

Se usó 20 preguntas en escala de Likert, teniendo como base al instrumento Herrmann Brain Dominance Instrument (HBDI).

**Tabla 1**

*Rango de dominancia del perfil*

Rango	Dominancia	Perfil
0 - 60	Terciaria	3
61 - 80	Secundaria	2
81 - 100	Primaria	1

**Fuente:** Elaborado en base a Sayago y Lemos (2008)

La confiabilidad de la consistencia interna se ve en la consistencia de la puntuación de los elementos individuales en un instrumento, con las puntuaciones de un conjunto de elementos, o subescala, que generalmente consta de varios elementos para medir una sola construcción. Para la confiabilidad del instrumento se utilizó en la presente investigación el alfa de Cronbach, tiene el valor 0.776.

Confiabilidad de consistencia interna. El coeficiente alfa ( $\alpha$ ) es una medida de la confiabilidad de consistencia interna (Cronbach, 1951). Debido a que cada uno de los cuatro cuadrantes se consideran construcciones unidimensionales, deben demostrar consistencia interna al demostrar un coeficiente  $\alpha > .70$  (Nunnally, 1978). Basado en un tamaño de muestra de 181,139, Bunderson et al. (sd) encontraron suficientes confiabilidades de consistencia interna para el cuadrante A ( $\alpha = 0.84$ ), el Cuadrante B ( $\alpha = 0.77$ ), el cuadrante C ( $\alpha = 0.80$ ) y el cuadrante D ( $\alpha = 0.81$ ). Esto sugiere que los elementos dentro de cada construcción son internamente consistentes y manifestaciones de una sola dimensión latente.

Se han realizado varias investigaciones analíticas de factores sobre la validez externa del HBDI. El HBDI y sus construcciones se han incluido en análisis factoriales a gran escala con medidas externas de personalidad, capacidad cognitiva, estilos cognitivos y estrategias de aprendizaje, tales como el indicador de tipo Myers Briggs, el Kit de servicios de pruebas educativas de pruebas de referencia de factores (por ejemplo, necesarias operaciones aritméticas, finalización de Gestalt y figuras ocultas), matrices progresivas de Ravens, varios cuestionarios de diferencias individuales (por ejemplo, cuestionario de diferencia individual de Hill y cuestionario de diferencia individual de Paivio), y varias medidas de estrategias de aprendizaje.

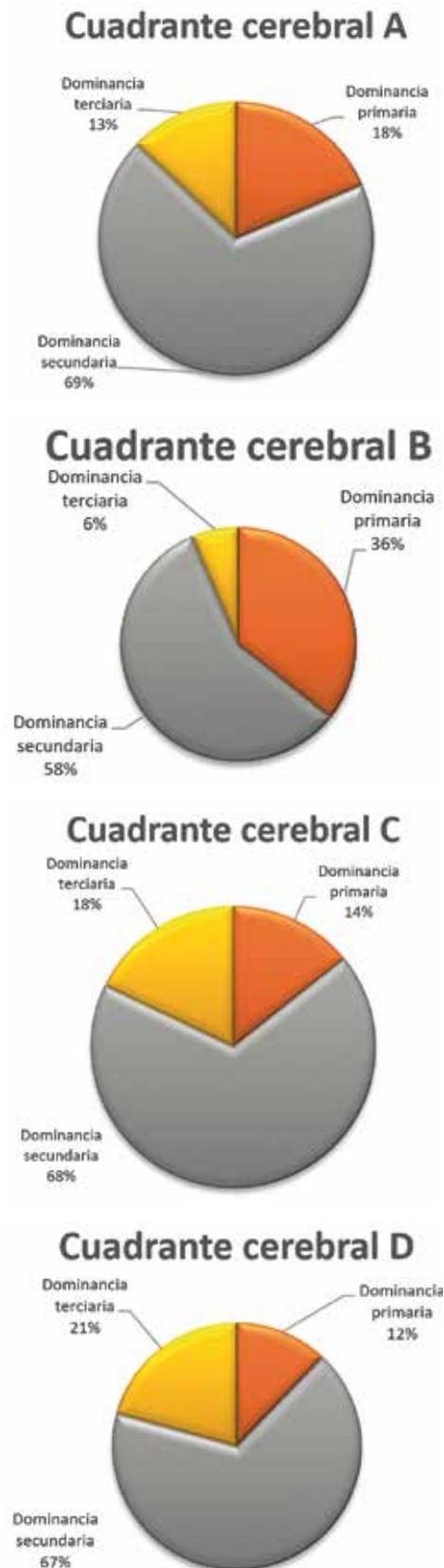
Los resultados indican que los cuatro cuadrantes (así como la puntuación izquierda vs. derecha) están vinculados de manera consistente y predecible con los procesos mentales involucrados en las medidas de construcción (Bunderson, 1989). La validez interna de constructo (o validez estructural) se respalda cuando la evidencia empírica sugiere que el número de constructos distintos medidos por un instrumento se alinean con predicciones basadas en la teoría y conceptualizaciones a priori (Cronbach y Meehl, 1955; Messick, 1989). Además, los ítems y los indicadores manifiestos de construcciones deben mapearse en la construcción que pretenden medir. El HBDI mide cuatro construcciones principales (es decir, los cuatro cuadrantes), y cada construcción tiene una serie de indicadores que contribuyen a la puntuación de cada construcción.

Las investigaciones hasta la fecha han proporcionado un sólido respaldo para la validez estructural del HBDI (por ejemplo, Bunderson et al., S/d., 1982; Ho, 1988; véase también Herrmann, 1988, 1991). Los resultados analíticos de factores han apoyado consistentemente la dimensionalidad teórica de los cuatro cuadrantes. Además, los ítems y los indicadores de manifiesto se han cargado constantemente de manera confiable en sus respectivos cuadrantes, lo que demuestra estructuras de factor limpio. Finalmente, los resultados apoyan la interpretación de dos factores bipolares de segundo orden (A vs. C y B vs. D) y un solo factor bipolar de tercer orden (Dominio Izquierdo vs. Derecho). El primero indica que la preferencia hacia un extremo del factor bipolar (por ejemplo, preferencia del cuadrante A o preferencia del cuadrante B) a menudo coincide con la evitación hacia el otro extremo del factor bipolar (por ejemplo, la evitación del cuadrante C o la evitación del cuadrante D). Esto último, indica que el dominio hacia las preferencias del cerebro izquierdo a menudo coincide con la evitación hacia las preferencias del cerebro derecho. Estos hallazgos se alinean con las predicciones del modelo Whole Brain y con la investigación en disciplinas psicológicas y neurocientíficas.

## Resultados

Los encuestados indicaron sobre sus propios estilos de aprendizaje como se describe a continuación.

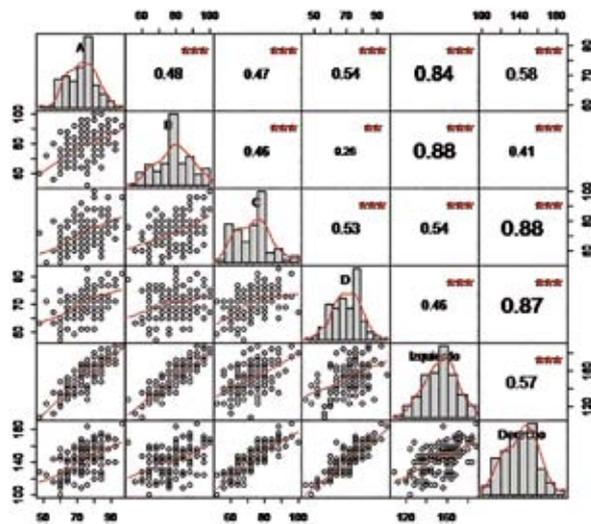
**Figura 3**  
Resultados



La Figura 3, muestra el porcentaje de la dominancia por cuadrante cerebral, se visualiza que para el cuadrante A el mayor porcentaje es de la dominancia secundaria con 69 %, para el cuadrante B el mayor porcentaje también es para la dominancia secundaria con 58 % de la muestra; así mismo para el cuadrante C el mayor porcentaje es de la dominancia secundaria con 68 % y para el cuadrante D el mayor porcentaje de estudiantes se ubican en la dominancia secundaria con un 67 % un hallazgo que implica que en los cuatro cuadrantes la mayor cantidad de estudiantes con perfil cerebral se ubican en la dominancia secundaria. La dominancia primaria se presenta en mayor porcentaje en el cuadrante B con 36 % mientras que el menor porcentaje de la dominancia primaria se presenta en el cuadrante D con un valor de 12 %.

**Figura 4**

Dispersión, histogramas, correlación de Pearson y Spearman



Dispersión, histogramas y correlación de Pearson  
\*\*\*. La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

La Figura 4, grafica una amplia gama de las correlaciones entre cada una de las cuatro puntuaciones del cuadrante cerebral, los datos de la muestra de la investigación no presentan normalidad tal como se visualiza en el gráfico de histogramas de las frecuencias, por lo que se aplicó la correlación de Spearman. Los dos cuadrantes del hemisferio izquierdo, A y B están correlacionados moderadamente, mientras que los dos cuadrantes del hemisferio derecho, C y D también están moderadamente correlacionados. Se encontró que la correlación general entre los hemisferios izquierdo y derecho es de 0.55, un hallazgo que implica que la dominancia es poco probable que ocurra dentro del hemisferio izquierdo y derecho.

Este hallazgo es consistente con las correlaciones positivas para los cuadrantes A y D con un valor de 0.55 y para los cuadrantes B y C con 0.44, siendo para ambos pares una correlación moderada.

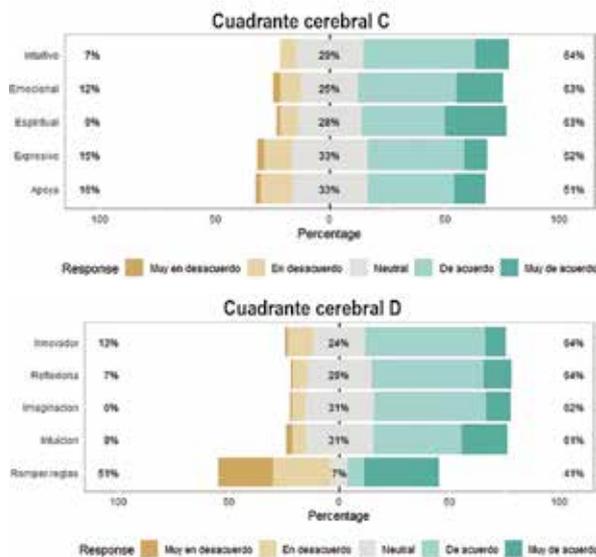
Para esta muestra, un individuo dominante en el cuadrante A (preciso, basado en hechos, calculador, analítico y lógico) es muy poco probable que también sea dominante en el cuadrante C (espiritual, intuitivo, emocional, apoya y expresivo) al ser los puntajes para estos dos cuadrantes moderada positiva y se correlacionaron con 0.47; de manera similar, la correlación positiva baja de los cuadrantes B y D es de 0.26, refleja la muy baja probabilidad del dominio doble entre B (secuencial, confiable, planifica, organizado y administra) y la imaginación, romper reglas, innovación, reflexión y la intuición a la solución de problemas del cuadrante D se produzcan en el mismo individuo. También, se evidencia que la correlación entre el modo izquierdo y el cuadrante A es fuerte con 0.83 y, de la misma manera, este modo tiene una correlación fuerte con el cuadrante B de 0.86. el modo derecho tiene una correlación fuerte con el cuadrante C y D con valores de 0.88 y 0.86.

**Figura 5**

Gráficos de barras centradas con porcentajes

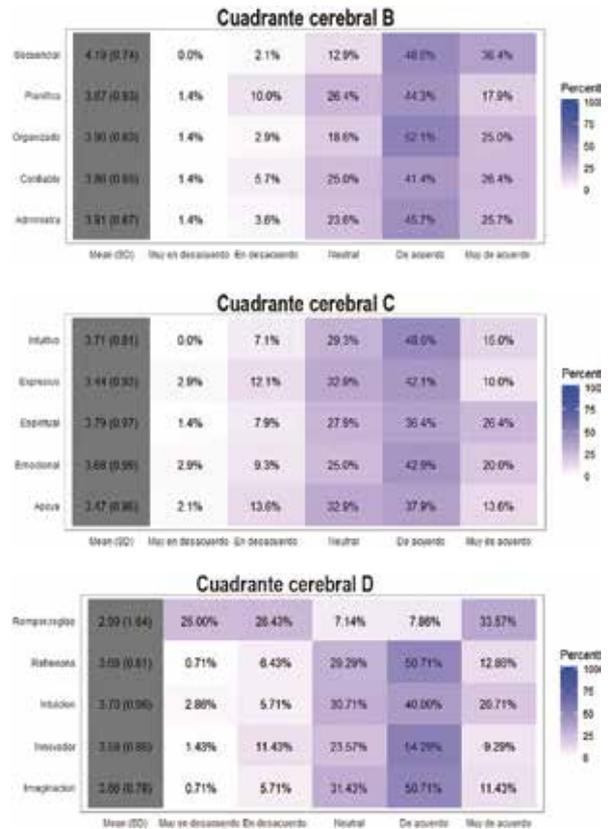


Correlación de Spearman  
\*\*\*. La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).



En los gráficos de la Figura 5 se tiene el resumen de los datos Likert de la muestra en formato largo por grupo de preguntas. Las respuestas se agrupan en “Muy en desacuerdo”, “En desacuerdo”, “Neutral”, “De acuerdo” y “Muy de acuerdo”, en los cuatro cuadrantes se observa un mayor porcentaje que eligieron los estudiantes en “De acuerdo” y “Muy de acuerdo”, y un menor porcentaje de estudiantes han elegido entre “Muy en desacuerdo”, “En desacuerdo”. Lo más resaltante del cuadrante cerebral A, es que el mayor porcentaje que marcaron “neutral” se presenta para el grupo de la pregunta “calculador” con 35 % un 52 % la suma de “Acuerdo” y “Muy de acuerdo” y solamente un 13 % de “En desacuerdo” y “Muy en desacuerdo”; para el cuadrante B, el grupo de la pregunta “Planifica” marcaron 26 % en neutral, mientras la suma de “Muy de acuerdo” y “De acuerdo” es 62 %, la suma de “En desacuerdo” y “Muy en desacuerdo” es 11 %, en el cuadrante C, el 33 % de estudiantes marcaron “neutral” en la pregunta relacionado al grupo “Apoya” siendo el 33 %, un 51 % la suma de “Muy de acuerdo” y “De acuerdo”, y 16 % la suma de “En desacuerdo” y “Muy en desacuerdo”, además existe una similitud en el porcentaje en las escalas con el grupo de “Expresivo”. En el cuadrante cerebral D, se presenta un hallazgo importante respecto a la pregunta de “romper reglas” siendo la suma de 51 % de los estudiantes que eligieron marcar “Muy en desacuerdo” y “En desacuerdo”, y 41 % en la suma de “Muy de acuerdo” y “De acuerdo”, evidenciándose estos porcentajes altos en los extremos.

**Figura 6**  
Gráficos de calor en porcentajes

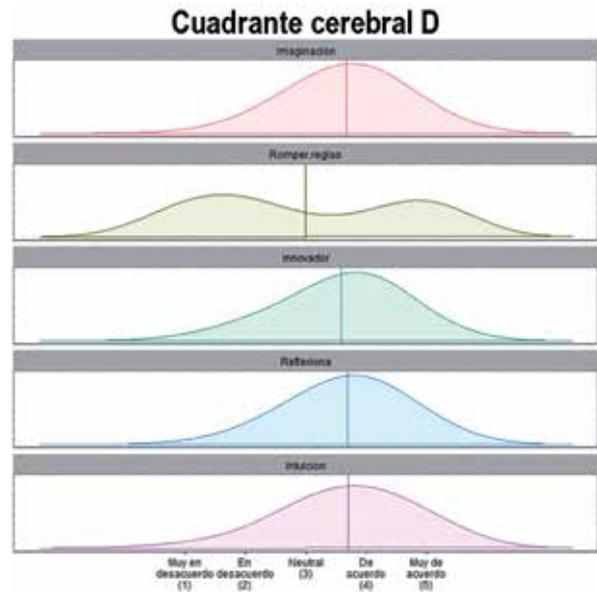
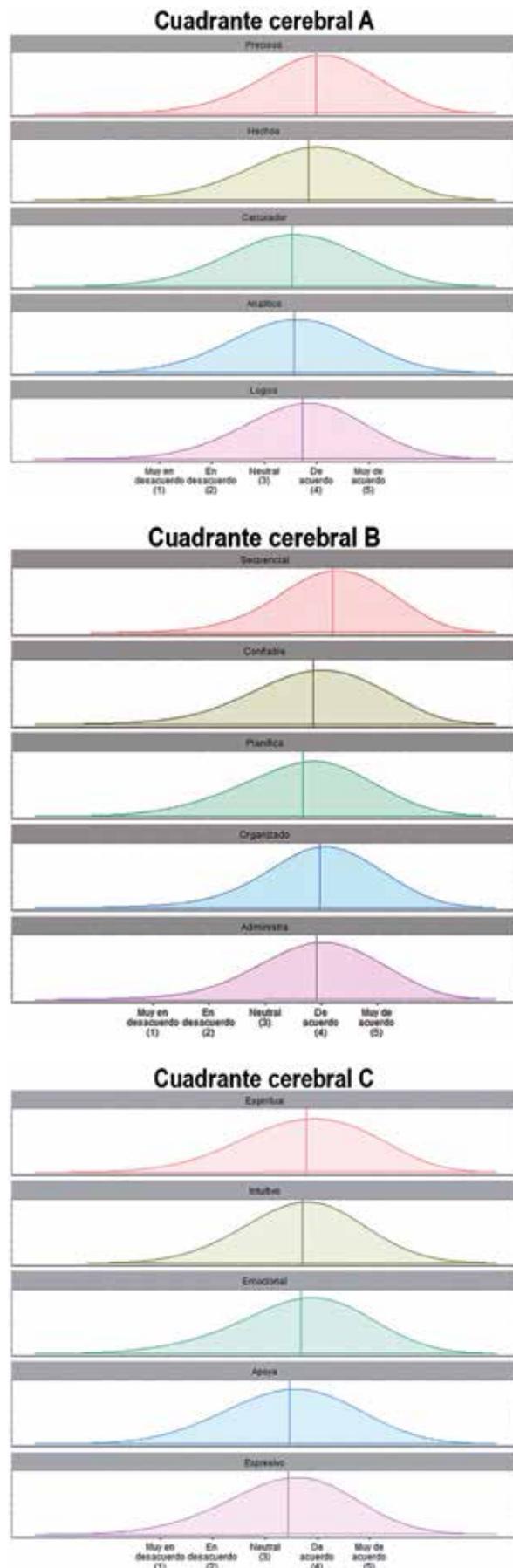


Para los cuadrantes que presentan mayor calor, en la Figura 6, para el cuadrante cerebral A se visualiza que la mayor concentración de calor se tiene en la pregunta relacionada a “Precisos” con 50.71 % y “Lógico” con un 47 %; de la misma forma, para el cuadrante cerebral B, en las preguntas relacionadas a “Secuencial” con un 48,6 %, “Organizado” igual a 52.1 % y “Administra” con 45.7 %, del mismo modo en el cuadrante cerebral C se visualiza mayor calor en la pregunta relacionada a “Intuitivo” con un valor de 48.6 %, también en el grupo relacionado a “Emocional” con 42.9 %; finalmente, para el cuadrante cerebral D, la mayor concentración de calor se presenta en las preguntas relacionadas a “Innovador”, con un 54.29 %, “Reflexiona” e “Imaginación” con de 50.71 % y, todos estos valores para los cuatro cuadrantes cerebrales en la escala de Likert, “De acuerdo”.

Respecto a la a los grupos o preguntas que presentan un nivel de calor cercano a cero; en el cuadrante A, en el grupo de la pregunta sobre “Precisos” y “Lógico”, es igual 0.71 % que marcaron en “Muy en desacuerdo”. Así mismo, para el cuadrante B en el grupo “Secuencial”, con 0 % los que marcaron en “Muy en desacuerdo, este hallazgo nos muestra que ningún estudiante marco la opción indicada; igualmente, para el cuadrante C del grupo “Intuitivo”; para el cuadrante D, del grupo de la pregunta “Imaginación” y “Reflexiona”, ambos tiene un valor de 0.71 % resultado de la marcación de la opción “Muy en desacuerdo”.

**Figura 7**

*Tramas de densidad de los cuatro cuadrantes cerebrales*



Las tramas de densidad de la Figura 7, muestran las líneas verticales que son medias para cada grupo del cuadrante cerebral. Estas curvas son gráficos de densidad, que muestran la distribución de valores similar a un histograma. Para el cuadrante A, B y C presentan una distribución de asimetría negativa; un caso atípico se da en el cuadrante D, para la pregunta respecto a “romper esquemas” presenta una distribución bimodal, lo que indica que hay dos grupos de estudiantes con dos puntuaciones diferentes y para los demás grupos, se presenta una distribución con asimetría negativa.

**Discusión**

De los resultados obtenidos del estudio, se tiene que el porcentaje de la dominancia por cuadrante cerebral A, B, C y D, se demuestra un alto porcentaje para dominancia secundaria y en menor porcentaje para la dominancia primaria y terciaria en contraposición a “las formas de pensamiento menos preferidas deben ser desafiadas con el fin de promover el pensamiento del cerebro completo” (Wium, et al, 2017).

Se halló que la correlación general entre los hemisferios izquierdo y derecho es moderado, un hallazgo que implica que la dominancia es poco probable que ocurra dentro del hemisferio izquierdo y derecho. Las correlaciones positivas implican que es poco probable o moderado que los individuos sean doblemente dominantes en los cuadrantes A y D o en los cuadrantes B y C; al respecto, Sarasin (1999) afirma que las necesidades de aprendizaje de los estudiantes, tienen en cuenta las preferencias individuales para incorporar y mantener el material del curso en un modo auditivo, visual o táctil / kinestésico.

Tres características de los alumnos auditivos, visuales y táctiles / kinestésicos son, junto con los mo-

dales de instrucción adecuados, las reacciones de los alumnos al estilo de aprendizaje y la evaluación de cada estilo de aprendizaje (Lee, 2005). Caudill (1998) afirma que todos los estudiantes aprenden de manera diferente; por lo tanto, es necesario variar los métodos de instrucción para contener los tres estilos básicos de aprendizaje (auditivo, visual y táctil / kinestésico) en la presentación de instrucción para satisfacer las necesidades de los estudiantes. Los estudiantes prefieren diferentes estilos de aprendizaje o combinaciones de múltiples estilos de aprendizaje, por lo que los instructores en línea deben desarrollar actividades de aprendizaje que tomen en cuenta ello... aborden. El grado de verosimilitud del gráfico de calor de los datos obtenidos de las preguntas aplicadas es muy relevante, pues permiten tomar decisiones respecto a las respuestas del cuestionario aplicado a los estudiantes.

## Conclusiones

- Los cuatro cuadrantes cerebrales del modelo del cerebro total presentan un mayor porcentaje en el perfil de dominancia secundario, por lo que "las formas de pensamiento menos preferidas deben ser desafiadas con el fin de promover el pensamiento del cerebro completo". (Wium et al., 2017).
- La correlación de los hemisferios izquierdo y derecho demuestra que no existe dominancia por ninguno de los hemisferios cerebrales. Los estudiantes han marcado en mayor porcentaje la opción de las preguntas de "Acuerdo" y "Muy de acuerdo" para los cuatro cuadrantes. Los resultados muestran que los diseños de aprendizaje de alguna manera deben tener en cuenta la singularidad del alumno individual para que el tema sea entendido por todos los participantes en la experiencia de aprendizaje (Herrmann, 1998).

## Referencias bibliográficas

- Amabile, T. M. & Pratt, M. G. (2016). *The dynamic componential model of creativity and innovation in organizations: Making progress, making meaning*. Research in Organizational Behavior, 36, 157-183.
- Belfo, F. P. (2016). *Allocation of information and technology professionals according to brain structures*. In Handbook of Research on Information Architecture and Management in Modern Organization. (pp. 341-362). IGI Global.
- Benziger, I. K. & Sohn, A. (1993). *The art of using your whole brain*. Rockwall, Texas: Whole Brain
- Berenbaum, H. & Barch, D. (1995). *The categorization of thought disorder*. Journal of Psycholinguistic Research, 24(5), 349-376.
- Braidot, N. (2006). *Neuromarketing: neuroeconomía y negocios*. Nestor Braidot.
- Braidot, N. (2006). *Venta inteligente: el método de venta neurorrelacional*. Nestor Braidot.
- Braidot, N. (2013). *Perfil de estilos de pensamiento de gerentes educativos venezolanos según el modelo de cerebro total de Herrmann*. Neuromanagement. Ediciones Granica. Gardié, O. & Quintero, T. (s/a). En: <http://lagerenciaeducativa.wikispaces.com>.
- Bunderson, C. V. (1989). *The validity of the Herrmann Brain Dominance Instrument®*. Creative Brain. Lake Lure, NC: Brain Books.
- Bunderson, C. V.; Olsen, J. B. & Herrmann, W. E. (1982). *A fourfold model of multiple brain dominance and its validation through correlational research*. Scientific and Technical Report #10: prepared for General Electric. Orem, Utah: Wicat Incorporated Learning Design Laboratories
- Burgess, S. S.; Geddes, J.; Hawton, K. K.; Taylor, M. J.; Townsend, E.; Jamison, K. & Goodwin, G. (2001). *Lithium for maintenance treatment of mood disorders*. Cochrane database of systematic reviews, (3).
- Campos, A. (2010). *Neuroeducación: uniendo las neurociencias y la educación en la búsqueda del desarrollo humano*. La Educación. Revista Digital, 143, 1-14.
- Caudill, G. (1998). *Matching Teaching and Learning Styles*. Technology Connection, 4(8), 24-25 ISSN 1470-3297.
- Cronbach, L. J. (1951). *Coefficient alpha and the internal structure of tests*. Psychometrika, 16, 297-334.
- Cronbach, L. J. & Meehl, P. E. (1955). *Construct validity in psychological test*. Psychological Bulletin, 52, 281-302. Messick, S. (1989). Validity. In R. Linn (Ed.), Educational Measurement, Vol. III.
- De Boer, A. L.; Coetzee, H. S. & Coetzee, H. (2001). *Teaching cataloguing and classification at the University of Pretoria: Thinking preferences of second year students*. Libri, 51(2), 114-123.
- Freshwater D. (2012). *The scholarship of reflective practice [position paper]*. Indianapolis, IN: Sigma Theta Tau International.
- Freshwater D.; Taylor B. & Sherwood G. (2008). *International Textbook of Reflective Practice in Nursing*. Oxford, UK: Blackwell Publishing.
- Gardié, O. (1997). *Cerebro total y Estilos de pensamiento venezolano: la creatividad desperdiciada*. Investigación y Postgrado, Vol. 12 (2): 39-64.

- Gardié, O. (2000). *Determinación del perfil de estilos de pensamiento y análisis de sus posibles implicaciones en el desempeño de profesionales universitarios venezolanos*. Estudios pedagógicos (Valdivia), (26), 25-38.
- Gargallo, B. (2008). *Estilos de docencia y evaluación de los profesores universitarios y su influencia sobre los modos de aprender de los estudiantes*. Revista Española de Pedagogía, 241, 425-446.
- Gazzaniga, M. (1977). *Review of the split brain*. En M. C. Wittroc (Ed.) *The Human brain*. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, Inc.
- Gudiño, V. (2010). *Desafío del SXXI: Neurociencia aplicada al aprendizaje y la educación*. Boletín REDEM.
- Herrmann, N. (1981). *The creative brain*. Training and Development Journal, 35, 10-16.
- Herrmann, N. (1989). *The creative brain*. Lake Lure, NC: Brain Books
- Herrmann, N. (1995). *The creative brain*. Lake Lure, North Carolina: The Ned Herrmann Group.
- Hervás, M. (2003). *Estilos de enseñanza y aprendizaje en escenarios educativos*. Grupo Editorial Universitario, Granada (2003).
- Ho, K. T. (1988, December). *The dimensionality and occupational discriminating power of the Herrmann Brian Dominance Instrument*. Dissertation Abstracts International, 49, 2409.
- Jamison, K. R. (2001). Reply to Louis A. Sass: *Schizophrenia, Modernism, and the "Creative Imagination"*. Creativity research journal, 13(1), 75-76.
- Khalid, A.; Ghani, A.; Saleh., S. & Yin, K. (2011). *Jordanian Students' Thinking Styles Based on Herrmann Whole Brain Model*. International Journal of Humanities and Social Science Vol. 1 No. 9 [Special Issue – July 2011].
- Marland, P. W. & Edwards, J. (1986). *Students' in-class thinking*. Instructional Science, 15(1), 75-88.
- Nunnally, J. C. (1978) *Psychometric theory*. New York: McGraw-Hill.
- Ojeda-Hidalgo, J. F. Mexicano-Ojeda, M. A., & Mosqueda-Rojas, M. Á. (2010). *Evolución de las preferencias de pensamiento en alumnos de una carrera de perfil administrativo, en una institución de educación superior en la región Laja-Bajío*. Pistas Educativas, (96), 91-98.
- O'Reilly, T.; Dunbar, R. & Bentall, R. (2001). *Schizotypy and creativity: an evolutionary connection?*. Personality and Individual Differences, 31(7), 1067-1078.
- Pizarro, B. N. (2003). *Neurociencia y educación*. Aula Abierta. Madrid: Ed La Muralla SA.
- Pourhosein, A. (2012). *A match or mismatch between learning styles of the learners and teaching styles of the teachers*. Internal Journal Modern Education and Computer Science, 11 (2012), pp. 51-60, 10.5815/ijmecs.2012.11.05
- Pozo, J. (2014). *Psicología del aprendizaje humano. Adquisición de conocimiento y cambio personal*, Morata, Madrid (2014)
- Ramsden, P. (1993). *Learning to teach in higher education*. Routledge, Londres.
- Redfield, J. K. (1993). *Touched with fire: manic-depressive illness and the artistic temperament*.
- Rief, S. F. (1993). *How to reach and teach ADD/ADHD children: practical techniques, strategies, and interventions for helping children with attention problems and hyperactivity*. West Nyack, NY: Center for Applied Research in Education.
- Rojas, G.; Salas, R., & Jimenez, C. (2006). *Estilos de aprendizaje y estilos de pensamiento entre estudiantes universitarios*. Estudios pedagógicos (Valdivia), 32(1), 49-75.
- Rojas, Salas & Jiménez (2006). *Diagnóstico de estilos de aprendizaje en estudiantes universitarios de nuevo ingreso basado en la dominancia cerebral*. Journal of Learning Styles, 3(5).
- Sarasin, L.C. (1999). *Learning Style Perspectives: Impact in the Classroom*. Madison WI: Atwood Publishing.
- Sayago López, J. L. & Lemos Salazar, L. A. (2011). *Evaluación de los estilos de pensamiento en los estudiantes de los grados séptimos, octavos y novenos de la institución educativa Alfonso Jaramillo Gutiérrez de Pereira*.
- Sperry, R. (1973). *Lateral specialization of cerebral function in the surgically separated hemispheres*. New York: Academic Press.
- Ventura, A. C. & Moscoloni, N. (2015). *Estilos de enseñanza y aprendizaje en las aulas universitarias: la dimensión cognitiva y social de la estilística*. Psicología, Conocimiento y Sociedad, 5(1), 82-109.
- Wium, A.M.; Pitout, H.; Human, A.; & du Toit, P.H. (2017). *Un análisis de las preferencias de pensamiento en tres disciplinas de atención médica*, Revista de la asociación para el aprendizaje programado ETTI. Innovaciones en educación y enseñanza internacional, 54 (1), 33-41. doi: <http://dx.doi.org/10.1080/14703297.2015.1117010>





# Influencia del programa de pensamiento crítico en el rendimiento académico en el área de matemática de los estudiantes de la Facultad de Ingeniería de Minas de la UNCP

## Influence of the critical thinking program on academic performance in mathematics area of Mine Engineering students at UNCP

Saúl Mayor Pariona<sup>1</sup>, Wili Nelson Tarma Vivas<sup>1</sup>, Janette Mayor Pariona<sup>2</sup>

E-mail: [smayor@uncp.edu.pe](mailto:smayor@uncp.edu.pe) / [wntarma@uncp.edu.pe](mailto:wntarma@uncp.edu.pe) / [janettemp@uncp.edu.pe](mailto:janettemp@uncp.edu.pe)

### Cómo citar

Mayor Pariona, S.; Tarma Vivas, W. N. & Mayor Pariona, J. (2020). *Influencia del programa de pensamiento crítico en el rendimiento académico en el área de matemática de los estudiantes de la Facultad de Ingeniería de Minas de la UNCP*. Revista de la UNCP. 17(1), 97-105. <https://doi.org/10.26490/uncp.prospectivauniversitaria.2020.17.1392>

### Resumen

Esta investigación presenta un análisis correlacional entre la comprensión matemática y el pensamiento crítico de estudiantes del I y II semestre de la Facultad de Ingeniería de Minas de la Universidad Nacional del Centro del Perú 153 estudiantes con edades entre 16 y 20 años participaron en este estudio; la muestra que se utilizó, no es de tipo disponible probabilístico, en cuanto fue tomada como una unidad de análisis para los estudiantes de estudios generales.

La investigación es descriptiva correlacional. Los instrumentos utilizados fueron: el Test de Comprensión Lectora de Silva y Tapia (1982) y el Test de Evaluación de Pensamiento Crítico de Milla (2012). Los resultados obtenidos son: bajos niveles de comprensión matemática, altos niveles de pensamiento crítico. Existe una relación poco significativa entre ambas variables. Encontrándose también algunas relaciones significativas entre la comprensión matemática y ciertas dimensiones del pensamiento crítico, las que varían de 0,045 a 0,225. No hubo diferencias significativas por semestre.

**Palabras clave:** comprensión lectora, comprensión matemática, pensamiento crítico, rendimiento académico

### Abstract

This research presents a correlational analysis between the mathematical understanding and the critical thinking of students from I and II semesters of Mining Engineering of the Universidad Nacional del Centro del Perú, 153 students aged between 16 and 20 participated in this study. The sample used is not available probabilistic type, because it was taken as an analysis unit for general studies students.

The research is correlational descriptive. The instruments used were: Silva and Tapia Reading Comprehension Test (1982) and Milla's Critical Thought Assessment Test (2012). The results obtained are: low levels of mathematical comprehension, high levels of critical thinking. There is an insignificant relationship between both variables. There are also some significant relationships between mathematical comprehension and certain dimensions of critical thinking ranging from 0.045 to 0.225. There were no significant differences per semester.

**Keywords:** reading comprehension, mathematical comprehension, critical thinking, academic performance

<sup>1</sup>Docentes de la Fac. de Ingeniería de Minas / <sup>2</sup>Docente de la Fac. de Enfermería

## Introducción

Esta investigación ha tenido por finalidad dar a conocer la importancia de la comprensión matemática y su relación con el programa de pensamiento crítico, en los estudiantes del I y II semestre de la Facultad de Minas de la UNCP, durante el semestre académico 2019 II.

El pensamiento crítico constituye uno de los instrumentos básicos del aprendizaje universitario, es así como, su óptimo desarrollo hace posible, un mejor rendimiento académico. Es considerada como un pilar esencial para la adquisición del conocimiento y posibilita también una mejor comprensión e interpretación del mundo.

La capacidad de acceder, comprender y reflejar cualquier tipo de información es fundamental para que las personas sean capaces de participar plenamente en nuestra sociedad basada en el conocimiento... se vive en un mundo que cambia con gran rapidez en el que tanto el número, como los tipos de materiales escritos aumentan progresivamente y en el que cada vez habrá más estudiantes que deberán emplear estos materiales de maneras nuevas e incluso, a veces más complejas (Pisa, 2009, p. 11).

El pensamiento crítico es la forma como procesamos la información, permite que el estudiante aprenda, comprenda, practique y aplique información. Así se entiende por pensamiento crítico el procedimiento que nos capacita para procesar información Priestley (citado por León 2007, p. 8)

Ultimamente, en nuestro país existe un compromiso por el desarrollo de estas capacidades básicas: comprensión matemática y pensamiento crítico. Tanto a nivel universitario que se verá reforzada por los diversos programas de capacitación, especialización y evaluación docente impulsados desde las autoridades universitarias competentes a través de una propuesta curricular basada en dichas capacidades, como una alternativa educativa.

La Facultad de Ingeniería de Minas no es ajena a esta realidad, por tal motivo está invirtiendo en su acreditación, tanto en infraestructura como en la formación del docente. Y, recientemente, se está trabajando con los estudiantes a través de círculos de estudio y dando oportunidad de movilidad estudiantil en universidades del país y el extranjero.

## Marco teórico

### Antecedentes

#### Nacionales

En Perú, el tema de comprensión lectora está ampliamente estudiado, pero su relación con el pensamiento crítico es un tema de reciente estudio que se inicia en la década de los noventa. Existen pocas investigaciones

que relacionen dichas variables. El pensamiento crítico, es un tema novedoso, por tal motivo son pocas las investigaciones a nivel de la educación secundaria.

Grimaldo (1998) realiza una investigación con el objetivo de describir y comparar los niveles de comprensión lectora en 467 alumnos de ambos sexos de quinto año de educación secundaria de clase media y baja, 246 de nivel socioeconómico bajo y 225 del nivel socioeconómico medio. El instrumento que utilizó fue el Test de Comprensión Lectora de Silva y Tapia. Los resultados indican, que existen diferencias entre el nivel socio económico medio y bajo. Obteniéndose mejores niveles de comprensión en los niveles socioeconómicos medios. No se encontraron diferencias en torno al sexo.

González (1999) se interesó por averiguar el nivel de comprensión lectora en 861 estudiantes universitarios del primer ciclo, utilizó la prueba de tipo close. Los resultados obtenidos fueron que los estudiantes ingresan con un bajo nivel de comprensión lectora en el nivel inferencial, es el nivel de inferir en base a una lectura crítica. El 37 % se encuentra en la categoría de lector deficiente y el 63 % estaba en la categoría de lector dependiente. En los textos complejos, el desempeño lector empeoró y se encontró un 85 % en la categoría de lector deficiente. Lo que pone de manifiesto otro problema en el sistema educativo peruano, hay una desarticulación entre la educación secundaria básica y la educación superior o terciaria, con el fin de dotarlos de un mejor nivel de comprensión lectora, para un mejor desarrollo en su vida universitaria.

Tapia (2003), en un estudio realizado en la Facultad de Psicología de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, diseñó un programa de comprensión lectora basado en estrategias cognitivas y metacognitivas, para determinar su funcionalidad en niños de cuarto y quinto grado de educación primaria. La principal conclusión a la que arribó está referida a la diferencia fundamental que existe entre los buenos y deficientes lectores. Los buenos son lectores estratégicos, adaptan su forma de lectura a las demandas de la situación o tarea, a las características del texto que leen y al grado de novedad que esta trae. No existen diferencias por género.

Carbajal (2004) realiza una investigación en el colegio Fe y Alegría N° 32 de San Juan de Lurigancho con 40 alumnos de tercero de secundaria indica que: la presente experiencia, nos deja un “nuevo” reto, enseñar a los alumnos a pensar críticamente; es decir, que los alumnos sean los gestores por sí mismo del proceso de su aprendizaje y formación integral, a partir de las destrezas como la autorregulación. Este “nuevo” reto de la educación, obliga a señalar y recalcar la necesidad de dar mayor protagonismo al alumno en el proceso de enseñanza aprendizaje; de

modo que el profesor sea realmente un acompañante del alumno en el itinerario de su desarrollo humano y en el desarrollo de su pensamiento crítico. Dicha investigación demostró la relación positiva que se da entre las estrategias de aprendizaje y el desarrollo del pensamiento crítico.

Velásquez (2005), al analizar la relación entre comprensión lectora y rendimiento académico en estudiantes del primer año de la Facultad de Educación de la Universidad Mayor de San Marcos, encontró que ambas variables se correlacionan en forma favorable. Obteniendo los puntajes altos de ( $r = 0.85$ ,  $p < 0.001$ ) y la escala I ( $r = 0.68$ ,  $p < 0.001$ ). El análisis comparativo del rendimiento académico de acuerdo al sexo, efectuado a través de la prueba Z de diferencias de medias independientes, permite notar que no existen diferencias estadísticas significativas de manera consciente.

Germaná (2008) realiza una investigación en 37 alumnos de sexto grado de primaria en la que demuestra que existe una relación entre metodologías activas y el desarrollo del pensamiento crítico, obteniendo niveles bueno y satisfactorio. En lo referente al pensamiento crítico, los alumnos mostraron una clara definición de los conceptos, además de poder establecer relaciones entre los mismos. También, desarrollan la capacidad de reconocer las inferencias relevantes y saben dónde buscar información y reconocen si esa información es suficiente para la tarea demandada.

Puppo (2008) realizó una investigación en 115 estudiantes de Post Grado de la Universidad Nacional de Educación "Enrique Guzmán y Valle" teniendo los siguientes resultados; el nivel del desarrollo del pensamiento crítico es aceptable en razón a los índices de correlación y en el grado de significatividad, en razón a las diversas pruebas a que fueron sometidos. Altamente significativo sustentada en sus altos promedios obtenidos según las actas de estudio  $X = 17,5$  del programa de maestría. La correlación existente entre el pensamiento crítico y rendimiento académico de los estudiantes de maestría es moderada con una tendencia alta.

Rodríguez (2008), en su estudio tuvo una muestra de 205 estudiantes de la Facultad de Educación de las especialidades de Biología, Química y Física, correlacionando las variables estrategias cognitivas y pensamiento crítico, cuyos resultados dieron una correlación moderada del 56%. Utilizando el estadígrafo de Pearson. En cuanto al desarrollo del pensamiento crítico y sus dimensiones (interpretación, análisis, evaluación, inferencia, explicación y autorregulación), la mayoría de los alumnos obtuvo resultados aceptables de acuerdo a cada dimensión planteada del pensamiento crítico, siendo la dimensión de análisis la que mejor logro obtuvo.

## Internacionales

Las primeras investigaciones sobre el pensamiento crítico y la lectura se desarrollaron en Estados Unidos. Desde el nivel inicial hasta el nivel superior destacando la fundación para el pensamiento crítico (en inglés *critical thinking*), de Linda Elder y Richard Paul. Se debe tener en cuenta también las investigaciones realizadas en Chile, México y España.

La Unesco (1997) buscó medir el rendimiento en lenguaje y matemática de los alumnos de tercero y cuarto de primaria, pertenecientes tanto a colegios públicos y privados de zonas urbanas y rurales de 12 países de Latinoamérica. El Perú se encontraba entre aquellos que poseía los puntajes más bajos. En la prueba de lenguaje de tercer grado, el Perú apareció en el antepenúltimo lugar. Al comparar los resultados entre los colegios públicos y privados, se encontró que mientras en el nivel de colegios privados el Perú ocupaba el sexto lugar en Latinoamérica, en el nivel de colegios públicos se ubican en el décimo lugar.

Muñoz & Beltrán (2001) realizaron un estudio con un pre-test y un pos-test para fomentar el pensamiento crítico, antes y después de la intervención; su objetivo era presentar un diagnóstico y un análisis sobre la realidad de los alumnos españoles, de esta manera, que los docentes tomaran conciencia de la importancia de fomentar el pensamiento crítico de los alumnos en su vida diaria. Dicha investigación, trabajó con 80 estudiantes en dos grupos de 40 y encontró que existen diferencias significativas entre el grupo experimental y el grupo de control, como también alcanzaron sugerencias para la aplicación de técnicas como: discusión socrática y el análisis de experiencias, en el marco de una pedagogía crítica.

Díaz (2001) investigó sobre cómo se dan las habilidades en 120 estudiantes mexicanos de secundaria antes, durante y después de la unidad didáctica: el surgimiento del imperialismo. Y como conducir un programa constructivista con los docentes y sí promover el pensamiento crítico en los estudiantes. Dicho estudio mostró que el avance logrado por los estudiantes estaba condicionado, por el tipo de enseñanza recibida, y por las habilidades de los estudiantes.

Miranda (2003) pretendió medir el impacto del programa de pasantías al exterior, en dicho estudio se evidenció que en relación al pensamiento crítico, los docentes chilenos no lograron desarrollar en forma satisfactoria en la capacidad llamada análisis. Tema que preocupa al gobierno porque se supone que dicho conocimiento es elemental en la formación docente.

Marciales (2003) hace un análisis de las prácticas pedagógicas a las que se ven "sometidos" los estudiantes en los años escolares, y los efectos perversos de las

mismas sobre el pensamiento, que de no ser tenidos en cuenta y corregidos en esos años, pocas probabilidades tienen de ser modificados posteriormente. Los resultados y el procesamiento estadístico de los mismos, permiten apreciar concordancias entre estudiantes de primero y último año en cuanto a los cambios que ocurren en cada una de las dimensiones elegidas, durante su proceso escolar, lo que aporta elementos valiosos para la comprensión del Pensamiento Crítico en jóvenes universitarios, como se utiliza la comprensión lectora de texto en el nivel universitario, ya sea para estudiar o para criticarla, campo temático poco explorado hasta el momento.

Ordaz (2004) aplicó una investigación a estudiantes de pedagogía en México, rescata el marco teórico que enfoca el problema de la lectura y el desarrollo del pensamiento crítico más allá del contexto escolar, y alienta a los agentes educativos a efectuar una reflexión crítica en torno a la responsabilidad y participación histórica que tiene la escuela y la sociedad para la formación de hombres con capacidad crítica para luchar por la reconstrucción social. Encontrando una relación positiva.

Beltrán & Torres (2009) realizaron una investigación en estudiantes de educación secundaria de Colombia, de tipo correlación entre el curso de química y el pensamiento crítico, evaluaron respecto al género, encontraron que no existe relación directa entre pensamiento crítico y su rendimiento académico, contrario a lo que se suele pensar. Utilizaron el test abierto de pensamiento crítico HCTAES, que se sustenta en la correlación débil ( $r = 0.378$ ,  $p < 0.01$ ) entre las dos variables.

## Teoría Básica

### Comprensión matemática

Teniendo en cuenta dos aspectos muy importantes, la alfabetización funcional y la literacidad; donde la primera, la competencia de un lector en comprender cabalmente el significado global de un texto. (Sería una alfabetización de primer grado), y que la lectura entraña un proceso holístico, esto es, integral; el término literacidad (reflejo del inglés literacy), de acuerdo con Cassany (1998), incluye aspectos como el código escrito, los géneros discursivos, los roles de autor y lector, las formas de pensamiento, la identidad y el estatus como individuo, colectivo y comunidad, los valores y representaciones culturales.

En los renglones que siguen, se recogen algunas de las definiciones más relevantes y representativas de la comprensión lectora correspondientes a diferentes enfoques o modelos y son las siguientes:

Intervienen variables lingüísticas: morfología, sintaxis... variables psicológicas: percep-

ción visual y/o háptica, memoria... y variables situacionales: tipo de texto. (Yela, 1978)

Un proceso a través del cual el lector elabora un significado en su interacción con el texto. (Tébar, 1995)

Habilidad para extraer el significado del texto. (Alonso, 1985)

Habilidades decodificadoras del análisis y organización del material leído que al automatizarse aumenta la comprensión. (Rourke, 1982)

La comprensión lectora se entiende como el proceso de emplear las claves dadas por el autor. (Johnstone, 1989)

La comprensión de un texto es el producto de un proceso regulado por el lector, en el que se produce una interacción entre la información almacenada en su memoria y la que le proporciona el texto. (Defior, 1996)

La comprensión lectora consiste en penetrar en la lógica que articula las ideas en el texto, y extraer el significado global que da sentido a los elementos textuales. (Orrantía & Sánchez, 1994)

La comprensión consiste en crear en la memoria una representación estructurada donde las ideas se relacionan entre sí y donde se diferencian distintos niveles de importancia. (Orrantía & Sánchez, 1994; conceptos tomados de Valles & Valles, 2006, p. 20)

### Pensamiento crítico

Pierce (1966), citado por Cairney (1992), definía el pensamiento crítico, como un proceso en el que el razonador hace con plena consciencia un juicio o establece una conclusión sobre la verdad de algo. Afirma que cada caso de pensamiento crítico comienza con la observación de algo que sorprende, inesperado, que parece una anomalía, la que hace que la persona se detenga, piense y busque para hallar algo que le ayude a explicar el suceso extraño (p. 36)

El pensamiento crítico se define como un desempeño de las habilidades de discriminación, análisis, síntesis, argumentación y evaluación de decisiones, en base a los conceptos de los principales autores referidos en la Guía para el desarrollo del pensamiento crítico del Ministerio de Educación (León, 2007).

Existen teóricos que han realizado grandes aportes al pensamiento crítico, entre ellos se tiene a Richard Paul, Linda Elder, Robert H. Ennis, Maureen Priestley, Eggen y Kauchack entre otros. Para este caso, se cita la definición de Richard Paul y Linda Elder:

Ese modo de pensar -sobre cualquier tema, contenido o problema- en el cual el pensante mejora la calidad de su pensamiento al apoderarse de las estructuras inherentes del acto de pensar y a someterlas a estándares intelectuales. (DCN, 2009 citado por PRONAF-CAP 2011, p 55)

Halpern (1996), citado por León (2007), dice lo siguiente sobre pensamiento crítico:

Es el uso de las habilidades o estrategias cognitivas que aumentan la probabilidad de un resultado deseable. Se utiliza para describir pensamiento que tiene un propósito, razonado y dirigido hacia una meta – la clase de pensamiento implicado en la solución de problemas, la formulación de inferencias, el cálculo de probabilidades, y la toma de decisiones cuando el que lo hace utiliza habilidades que son pensadas y efectivas para el contexto particular y el tipo de tarea mental.

De acuerdo a lo mencionado, un pensador crítico y ejercitado debe:

Formular problemas y preguntas vitales con claridad y precisión. Acumular y evaluar información relevante y usa ideas abstractas para interpretar esa información efectivamente. Llegar a conclusiones y soluciones, probándolas con criterios y estándares relevantes. Pensar con una mente abierta dentro de los sistemas de pensamiento; reconocer y evaluar, según lo necesario, las supuestas implicaciones y consecuencias prácticas y a idear soluciones a problemas complejos, se comunica efectivamente. (PRONAF-CAP 2011, p 63)

## Definiciones conceptuales y operacionales

### Definición conceptual de la comprensión matemática

Según el comité de expertos de la OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico), se entiende por competencia matemática, cuando un individuo para comprender, utilizar y reflexionar sobre textos escritos, con el propósito de alcanzar sus objetivos personales, desarrollar su conocimiento y sus capacidades, y participar en la sociedad. (OCDE-INCE, 2001, citado por Claux, et al., 2004, p. 32).

### Definición operacional de la comprensión matemática

La comprensión matemática es definida operacionalmente, como una habilidad genérica que se manifiesta a través de las siguientes conductas específicas: infor-

mar sobre los hechos específicos, definir el significado de palabras, identificar la idea central del texto, interpretar hechos, inferir acerca de la intención y punto de vista del autor, inferir sobre el contenido del fragmento y la rotulación (Tapia y Silva, 1982). La comprensión de lectura es definida operacionalmente en el desarrollo del test, como una habilidad genérica que se manifiesta a través de las siguientes conductas específicas:

- **Informar sobre hechos específicos:** Habilidad para reconocer la información del texto, utilizando la memoria.
- **Definir el significado de las palabras:** Habilidad para identificar el concepto de los términos de la lectura.
- **Identificar la idea central del texto:** Habilidad para identificar el tópico central del texto.
- **Interpretar hechos:** Identificar el significado de las partes del fragmento expresado con proposiciones diferentes.
- **Inferir sobre el autor:** Determinar la intención, el propósito y el punto de vista del autor.
- **Inferir sobre el contenido del fragmento:** Extraer una conclusión de párrafo con diferentes proposiciones.
- **Rotular:** Identificar el título apropiado del texto de lectura.

Es evidente que estas habilidades no constituyen las únicas que describen la habilidad lectora. Dado que no existen datos concluyentes en las investigaciones realizadas para la definición de la lectura, se ha considerado la habilidad verbal como variable básica enfatizada en la educación escolar y consistente con estudios estadísticos del análisis factorial y varianza sobre resultados de la aplicación de Test de Comprensión de Lectura. (Tapia y Silva, 1982).

### Definición conceptual pensamiento crítico

Es la capacidad de orden superior, cuyo proceso mental le permite al alumno analizar información, inferir implicancias, proponer alternativas de solución y argumentar posición sobre una información. Por tanto, el pensamiento crítico es un conjunto de habilidades que sirven para procesar y generar información (Elder y Paul, 2003)

### Definición operacional pensamiento crítico

El pensamiento crítico, para efectos de la presente investigación, se define operacionalmente al medirse las dimensiones: analizar información, inferir implicancias, proponer alternativas de solución y argumentar posición según el Test de Milla (2012).

Fundamentación Teórica del Test de Pensamiento Crítico.

Las dimensiones que comprende el test de pensamiento crítico son consideradas a partir de la *Guía del desarrollo del pensamiento crítico* del Ministerio de Educación (León, 2007).

- **Analizar Información:** en los tiempos actuales la información respecto de cualquier tema es abundante, por ello es necesario que los estudiantes pongan en práctica técnicas que los ayuden a separar la información considerando solo aquello que es relevante. Al respecto, Rath, et al. (1999), citados por Milla (2012), manifiestan que analizar es discernir y evaluar lo que tiene importancia de lo que no la tiene. Siendo necesario entonces enseñar a los alumnos a distinguir lo significativo de lo no significativo.
- **Inferir implicancias y consecuencias:** esta la destreza de los sujetos para hacer predicciones razonables sobre los efectos de una situación a partir de datos explícitos, por lo tanto, es resultado de la deducción y la activación de saberes previos factores que al interactuar dan lugar a la producción de conclusiones. Para Elder y Paul (2003) “todo razonamiento contiene inferencias o interpretaciones por las cuales se llega a conclusiones que dan significado a los datos”.
- **Proponer alternativas de solución:** Es la capacidad de los estudiantes de establecer posibles respuestas a los problemas que analizan, para ello será necesario que realicen un ejercicio de empatía cognitiva puesto que las soluciones irán de acuerdo a la realidad en que se coloquen. Es preciso señalar que las alternativas deben ser innovadoras, pero al mismo tiempo plausibles de realizar. Sobre este punto Nosich (2003) señala que siempre que razonamos hay alternativas y que estas nos abren caminos nuevos para decidir cuál es el más adecuado.
- **Argumentar posición:** son las afirmaciones y opiniones de respaldo o rechazo que realizan los sujetos en relación a un conocimiento, una situación o un punto de vista, estas afirmaciones deben ser sustentados en base a la teoría, es decir se requiere buscar la pruebas que demuestren la veracidad de las ideas planteadas. Al respecto, Beas (1995), citado por Millas (2012), sostiene que la argumentación “constituye una herramienta que permite a las personas demostrar las evidencias que apoyan sus planteamientos”.

## Materiales y métodos

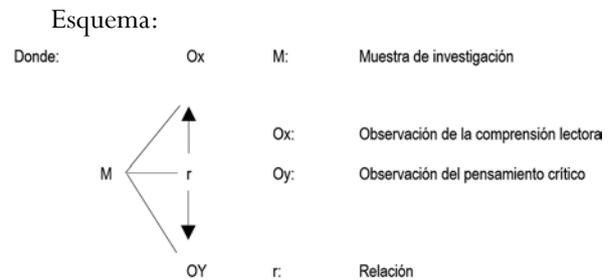
### Materiales

Se han utilizado computadora, libros, revistas, folletos, papel bond y programas de office y estadísticos para procesamiento de datos.

## Método

El diseño de la investigación utilizado es el correlacional, en la medida que se trató de establecer la existencia de asociaciones significativas entre las variables comprensión matemática y pensamiento crítico (Hernández, Fernández & Baptista, 2007).

Al esquematizar este tipo de investigación obtenemos el siguiente diagrama:



## Resultados

Habiéndose procesado los datos y teniendo en consideración el problema formulado, los objetivos planteados y las hipótesis establecidas en el presente trabajo de investigación se procedió a presentar y analizar los resultados obtenidos.

### Medidas descriptivas

**Tabla 1**

*Medida de medias y desviaciones estándar pensamiento crítico.*

Medida	M	DE
Pensamiento crítico		
Análisis de información	5.23	2.31
Infiere implicancias	4.26	1.68
Proponer alternativas	4.09	1.63
Argumentar opinión	4.37	2.29

(N = 153)

En la Tabla 1, se aprecia los valores promedios de pensamiento crítico, las diferentes dimensiones como son: pensamiento crítico, análisis de información, infiere implicancias, proponer alternativas y argumentar opinión. La mayor desviación de los datos se muestra en la dimensión análisis de información 5.23 puntos con una dispersión de 2.31 puntos.

**Tabla 2**

*Medida de medias y desviaciones estándar de comprensión matemática.*

Medida	M	DE
Comprensión lectora		
Informar sobre hechos específicos	4.7451	1.99186
Definir el significado de las palabras	1.04558	0.75516
Identificar la idea central del texto	0.8039	0.79521
Interpretar hechos	4.7451	1.99186
Inferir sobre el autor	4.7451	1.99186
Inferir sobre el contenido del fragmento	2.0588	1.29896
Rotular	1.6797	0.95734

(N = 153)

En la Tabla 2 se aprecia los valores promedios de comprensión matemática en las diferentes dimensiones como son: informar sobre hechos específicos, definir el significado de las palabras, identificar la idea central del texto, interpretar hechos, inferir sobre el autor, inferir sobre el contenido del fragmento y rotular. La mayor desviación de los datos se muestra en las dimensiones: informar sobre hechos específicos, interpretar hechos, inferir sobre el autor todas con una dispersión de 1.99186 puntos.

## Medidas de frecuencia

**Tabla 3**

*Resultados de la prueba de pensamiento crítico.*

Nivel	N	%
Bajo	13	8.5
Medio	14	9.2
Alto	126	82.4

(N = 153)

En la Tabla 3, destaca que, en relación, al pensamiento crítico, 14 estudiantes se encuentran en el nivel medio y por lo contrario 126 estudiantes en el nivel alto; por otro lado, 13 estudiantes se encuentran en un nivel bajo en prueba de pensamiento crítico.

**Tabla 4**

*Resultados de la prueba de comprensión matemática.*

Nivel	N	%
Bajo	115	75.2
Medio	29	29.0
Alto	9	5.9

(N = 153)

En la Tabla 4, destaca que, en relación a comprensión matemática, 115 estudiantes se encuentran por debajo del nivel medio y 29 estudiantes se encuentran en el nivel medio; por otro lado, 9 estudiantes sobrepasan el nivel medio.

## Prueba de normalidad

El análisis estadístico se realizó utilizando el programa SPSS y la prueba de Kolmogorov-Smirnov fue utilizada para determinar el tipo de prueba a utilizar en la estadística para la contrastación de hipótesis el resultado de Kolmogorov-Smirnov fue para la escala total, con un nivel de significancia de  $p$  de 0.5. Para la escala de comprensión matemática.

**Tabla 5**

*Puntuaciones de la prueba Kolmogorov-Smirnov(a).*

	Estadístico	Sig
Comprensión matemática	0.115	000
Pensamiento Crítico	0.088	0.005
Análisis Información	0.138	0.00
Infiere implicancias	0.138	0.00
Proponer alternativas	0.151	0.00
Argumentar opinión	0.148	0.00

(N = 153)

En la Tabla 5, se puede observar que no existe normalidad en los datos, por tal motivo se utiliza una prueba de Spearman del programa SPSS que ayuda para el estudio de la correlación entre las variables propuestas.

**Tabla 6**

*Correlación entre comprensión matemática y pensamiento crítico.*

Comprensión Matemática	Pensamiento Crítico
Comprensión Matemática	Coefficiente de correlación .178 (*) Sig. (bilateral)
Pensamiento Crítico	Coefficiente de correlación .178 (*) Sig. (bilateral)

(N=153)

*Nota:* \*\* La correlación es significativa al nivel 0,05 (bilateral).

En la Tabla 6, la prueba estadística  $r$  de Spearman fue utilizada para las pruebas de hipótesis, al no observarse distribución normal en los datos; las variables consideradas fueron comprensión matemática y pensamiento crítico, según percepción de los estudiantes. El coeficiente de correlación de Spearman para las variables comprensión lectora y pensamiento crítico 0.178 y el valor de la probabilidad de 0.005, a un nivel de significación de 0.01,  $p$  es menor que 0.01, por lo que se rechaza la hipótesis nula y se concluye que existe relación entre comprensión matemática y pensamiento crítico.

**Tabla 7**

*Medida de correlación.*

Medida Compren. Pens. Análisis Infiere Impli - Propone Argumentar	Sperman matemática Crítico Informac. cancias Alterna opinión
1 Comprensión Matemática	
2 Pensamiento Crítico	178*
3 Análisis de Información	.056 .727**
4 Infiere Implicancias	.225** .775** .407**
5 Proponer Alternativas	.219** .739** .335** .650**
6 Argumentar Opinión	.045 .743** .309** .482** 469**

\* $p < .05$

\*\* $p < .01$

En la Tabla 7, se observa la prueba estadística  $r$  de Spearman fue utilizada para las pruebas de hipótesis, no observó distribución normal en los datos.

El coeficiente de correlación de Spearman para las variables comprensión matemática y pensamiento crítico 0.178 y el valor de la probabilidad de 0.005, a un nivel de significación de 0.01,  $p$  es menor que 0.01, por lo que se rechaza la hipótesis nula y se concluye que existe relación entre comprensión matemática y pensamiento crítico.

Comprensión matemática y la dimensión análisis de información del pensamiento crítico. La prueba estadística arrojó un valor para  $r$  igual a 0.056 y un nivel de significación  $p$  no hay correlación lo que significa que el

alumno que analiza su información en forma adecuada logrará una mejor comprensión matemática.

Comprensión matemática y la dimensión infiere implicancias del pensamiento crítico. La prueba estadística arrojó un valor para  $r$  igual a 0.225 y un nivel de significación  $p$  Hay correlación positiva muy alta lo que significa que quien infiere desarrolla su pensamiento crítico.

Comprensión matemática y la dimensión propone alternativas del pensamiento crítico. La prueba estadística arrojó un valor para  $r$  igual a 0.219 y un nivel de significación  $p$  Hay correlación positiva la segunda en mayor correlación.

Comprensión matemática y la dimensión argumentar opinión. La prueba estadística arrojó un valor para  $r$  igual a 0.045 y un nivel de significación  $p$  no hay correlación.

## Discusión

La muestra de esta investigación son estudiantes del I y II semestre de la Facultad de Ingeniería de Minas de la Universidad Nacional del Centro del Perú y se analiza los datos estadísticos relacionados a: la comprensión matemática y el pensamiento crítico y las sub variables de la misma. Presentan una puntuación de pensamiento crítico alto de 82.4 (Tabla 3) y en relación a la comprensión lectora en un nivel bajo de 75.2 (Tabla 4) estos resultados confirman los hallazgos realizados por Beltrán y Torres (2009), en las que los estudiantes con bajo nivel académico y problemas de conducta lograron alto nivel de pensamiento crítico.

En cuanto al objetivo General: determinar la relación que existe entre el nivel de comprensión matemática y el nivel de pensamiento crítico en los estudiantes. Dicha relación es positiva en un grado de 195 puntos (Tabla 6). Esto quiere decir que, si bien la lectura es fundamental para el desarrollo de las personas, no es la única que influye en el aprendizaje del estudiante, existen otras variables que influirían en forma indirecta; por ejemplo; las noticias que escucha en los diversos medios de comunicación, las conversaciones que tienen con sus amigos, el diario convivir con sus familiares, también forman parte del desarrollo de su pensamiento crítico (Grimaldo, 1998).

Por otro lado, Gonzáles (1999) encontró un bajo nivel de comprensión matemática en los estudiantes que terminan la educación secundaria ocasionando, de esta manera, un problema de articulación con la educación superior. Lo cual corrobora esta investigación, encontrándose que el 75.2 % de estudiantes está en un nivel inferior de comprensión matemática; todo esto a la luz de la discusión de los resultados en (Tabla 4).

Germaná (2008), en la investigación en una institución educativa alternativa, aplicó la meto-

dología activa relacionada en función al desarrollo del pensamiento crítico y se encontró que, los estudiantes mostraron una clara definición de los conceptos en las lecturas, además de poder relacionarlos entre ellos, logrando niveles buenos y satisfactorios. Para el presente estudio, según la aplicación del test de pensamiento crítico, se obtuvo que más del 80 % de estudiantes se encuentran entre los niveles medio y superior; en la institución educativa militar de La Perla, se vienen implementando una serie de estrategias que le permiten al estudiante desarrollar una serie de habilidades de liderazgo: trabajo en equipo, participación en debates, actividades, encaminadas a desarrollar su pensamiento crítico.

Existen pocas investigaciones relacionadas al desarrollo del pensamiento crítico en la educación superior, en relación, al área matemática, como base para un adecuado desarrollo ciudadano.

En lo relacionado a comprensión matemática y el componente analizar información del pensamiento crítico existe una alta correlación, según (Tabla 7) lo cual es reforzado por la investigación de Velásquez (2005), quien encontró que ambas variables se correlacionan obteniendo puntajes altos de ( $r = 0.85$ ,  $p < 0.001$ ). Aunque es preciso agregar que este nivel es el más elemental en la lectura, pero, es de vital importancia para un logro adecuado del pensamiento crítico.

Al determinar si existe relación entre el nivel de comprensión matemática y el componente proponer alternativas de solución del pensamiento crítico. Existe una alta relación lo que puede ser confirmado con la investigación de Elder y Paul (2003), estudio realizado en Estados Unidos, donde encontró que es fundamental trabajar con los niños desde el nivel inicial, actividades que les permitan desarrollar tareas que, a su vez, les permitan solucionar problemas de acuerdo a su edad. Mientras más temprano se estimulen estos aprendizajes mejores resultados se tendrán, al Perú le falta potencializar el pensamiento crítico en la educación temprana, no existen manuales ni guías en ese sentido.

Según lo expuesto, se puede mencionar, que las variables estudiadas si guardan relación, si aumenta la comprensión matemática, también lo hace el pensamiento crítico; esto se ve reflejado en los puntajes de la dimensión del pensamiento crítico, análisis de información, donde se obtuvo un mejor resultado. En otras palabras, se puede decir que, a medida que el estudiante desarrolle su comprensión lectora, irá mejorando en forma proporcional el desarrollo de su pensamiento crítico. Tema que será desarrollado con mayor amplitud en las conclusiones.

## Conclusiones

- Existe una relación positiva entre las variables: comprensión matemática y pensamiento crítico. Se acepta la hipótesis general. Los niveles de comprensión matemática resultaron bajos. Los niveles de pensamiento crítico resultaron altos.
- Existe una relación baja entre la comprensión matemática y la dimensión analizar información del pensamiento crítico. Siendo la dimensión análisis de información una de la que menos relación tiene dentro de las dimensiones del pensamiento crítico.
- Existe relación entre el nivel de comprensión matemática y la dimensión inferir implicancias de pensamiento crítico. Esta es la dimensión que mayor correlación se encontró; por tal motivo, se acepta la tercera hipótesis.
- Existe relación entre el nivel de comprensión matemática y la dimensión proponer alternativas de solución del pensamiento crítico. Es la segunda dimensión con mayor relación.
- Existe relación entre el nivel de comprensión matemática y la dimensión argumentar posición del pensamiento crítico. Es la dimensión con menor relación.

## Sugerencias

- Hay que actuar, frente a estos resultados alarmantes, es necesario que las autoridades universitarias, consideren la lectura y el desarrollo del pensamiento crítico de los estudiantes, como temas prioritarios, la participación del director de departamento de la facultad es fundamental cuando cumple asesorando y supervisando en forma adecuada a los docentes.
- El director de departamento debe de organizar cursos o talleres de capacitación sobre comprensión matemática y el pensamiento crítico.
- Los docentes deben aplicar metodología activa en el desarrollo de sus sesiones, como el trabajo en equipo para crear conciencia crítica, reflexiva, elevando el rendimiento académico en los estudiantes.
- Realizar estudios comparativos relacionados al desarrollo del pensamiento crítico y comprensión matemática entre los diferentes semestres de la facultad, teniendo en cuenta el desarrollo de competencias encaminadas al desarrollo del pensamiento crítico.
- Difundir el desarrollo del pensamiento crítico desde el primer semestre; es importante que

los docentes conozcan en qué consiste la pedagogía crítica y el pensamiento crítico, para lograr que nuestros estudiantes logren desarrollar a plenitud dichas capacidades. Los resultados obtenidos en esta investigación ofrecerán una oportunidad para mejorar los procesos de enseñanza aprendizaje del pensamiento crítico en el Área de matemática.

## Referencias bibliográficas

- Elder, L. & Paul, R. (2003). *La mini guía para el pensamiento crítico, conceptos y herramientas*. Recuperado el 4 de febrero del 2008. [www.criticalthinking.org](http://www.criticalthinking.org)
- Facione, P. (2007). *Pensamiento Crítico: ¿Qué es y por qué es importante?* Versión 2007 en español: extraído el 2 de mayo 2010. <http://www.eduteka.org/PensamientoCriticoFacione.php>.
- Hernández, Fernández & Baptista (2007). *Metodología de la investigación* (4ta. Ed.) México. D. F: Mc Graw-Hill
- Kurland, D. (2003). *Critical Reading Vs Critical Thinking*. [http://www.critical-reading.com/critical\\_reading\\_thinking.htm](http://www.critical-reading.com/critical_reading_thinking.htm) recuperación de este documento en EDUTEKA: Julio 26 de 2003.
- León, C. (2007). *Guía para el desarrollo del pensamiento crítico*. Lima. Dirección Nacional de Educación Básica Regular. Dirección de Educación Secundaria. MINEDU.
- Paul, R. (2003). *Guía para el pensamiento crítico: conceptos y herramientas*. Referencia electrónica consultado 21 junio 2008 <http://www.criticalthinking.org>
- Puppo, G. (2008). *El pensamiento crítico y el rendimiento académico de los maestrías en docencia universitaria*. Tesis de maestría no publicada. Universidad Nacional De Educación. "Enrique Guzmán y Valle"
- Velásquez, R. (2005). *Comprensión lectora y rendimiento académico en estudiantes del primer año de la Facultad de Educación de la Universidad Mayor de San Marcos*. Universidad Mayor de San Marcos. Tesis de maestría no publicada. Lima. Perú.





## Evaluación de la remoción de materia orgánica del lixiviado mediante el proceso de electrocoagulación del botadero La Mejorada - El Tambo

### Evaluation of the organic matter removal from the leachate by means of the electrocoagulation process of the La Mejorada dump - El Tambo

César Augusto Loayza Morales<sup>1</sup>, Henry Ochoa León<sup>2</sup>

E-mail: cloayza@uncp.edu.pe / hochoa@uncp.edu.pe

#### Cómo citar

Loayza Morales, C. A. & Henry Ochoa León, H. (2020). *Evaluación de la remoción de materia orgánica del lixiviado mediante el proceso de electrocoagulación del botadero La Mejorada El Tambo*. Revista de la UNCP. 17(1), 109-114. <https://doi.org/10.26490/uncp.prospectivauniversitaria.2020.17.1393>

#### Resumen

El objetivo de la presente investigación fue determinar la eficiencia de una celda de electrocoagulación a escala de laboratorio para el tratamiento del lixiviado del botadero La Mejorada, donde se encontró valores de DQO 9962,6 mg/l, DBO5 6822,5 mg/l, conductividad eléctrica igual a 3620,0  $\mu\text{Sm/cm}$  y sólidos totales 4297,0 mg/l, valores que sirvieron como referencia para iniciar el trabajo. Con base en los resultados obtenidos al realizar el tratamiento con electrocoagulación, se determinó una eficiencia de hasta 91 % de la DQO y un 94 % en la DBO5, trabajando con pH 8 y tensión de corriente de 20 v e iniciando con un pH neutro en la muestra. Se debe tener en cuenta que no se tienen LMP para los lixiviados, por lo que, al comparar con los LMP para efluentes de PTAR, los resultados obtenidos no se encuentran dentro de los parámetros permitidos, por lo cual, se debe realizar un tratamiento adicional complementario.

Sin embargo, en la conclusión se determinó la composición físico química del lixiviado del botadero La Mejorada, así como el tiempo de retención hidráulica óptimo mediante el método de electrocoagulación con un voltaje administrado de 20 v, obteniéndose, de esta manera, una disminución de la carga orgánica de hasta el 90 %.

**Palabras clave:** remoción de materia orgánica, lixiviado, electrocoagulación, contaminación, carga orgánica.

#### Abstract

The objective of this research was to determine the effectiveness of a laboratory-scale electrocoagulation cell for treatment of the leachate from the dump, where found values of 9962.6 mg/l COD, 6822.5 mg/l BOD5, 3620.0  $\mu\text{Sm/cm}$ , 3620.0  $\mu\text{Sm/cm}$  Electrical conductivity and 4297.0 mg/l total solids were found, these values served as a reference to start the work. Based on the results obtained to perform the electrocoagulation treatment, efficiency of up to 91 % COD and 94 % BOD5 were determined by working with pH 8 and 20V current voltage and a neutral pH in the sample at the beginning. It must be taken into account that the MPLs are not available for leachates, so when compared with the MLPs for RWTP effluents, the results obtained are not within the permitted parameters, that is why additional complementary treatment must be carried out.

However, in the conclusion, the physical chemical composition of the leachate from La Mejorada dump was determined, as well as the optimal hydraulic retention time by means of electrocoagulation method with an administrative voltage of 20 v thus obtaining a decrease in the organic load of up to 90 %.

**Keywords:** removal of organic matter, leachate, electrocoagulation, pollution, organic load.

<sup>1</sup>Docente de la Fac. de Ingeniería Química / <sup>2</sup>Investigador externo

## Introducción

Actualmente un problema ambiental de importancia es la disposición final de los residuos líquidos, los cuales en su gran mayoría están siendo vertidos a los sistemas de alcantarillado sin tratamiento previo; en cuanto a la contaminación por residuos sólidos, es que son líquidos percolados o escurridos de los depósitos de almacenamiento de residuos. Estos líquidos reciben el nombre genérico de lixiviados y su importancia, en cuanto a contaminación, viene dada por su fuerte carga orgánica, la cual es fruto de su paso, con arrastre y disolución, a través de los residuos almacenados. Los lixiviados de RSU son líquidos muy contaminados, formados como consecuencia de la penetración del agua a través de la masa de residuos y por la propia descomposición de estos. Conllevan, por tanto, una gran complejidad, ya que presentan fuerte carga orgánica, altos contenidos de nitrógeno y presencia de metales pesados.

Sabemos que la protección y conservación de los recursos naturales constituyen hoy en día una de las principales preocupaciones sociales. La necesidad de preservar el medio ambiente ha llevado a la búsqueda de nuevos métodos para la eliminación eficiente de los compuestos químicos, biológicos y patógenos que alteran la estabilidad de nuestros recursos.

El objetivo de este trabajo de investigación es básicamente determinar la eficiencia de una celda de electrocoagulación a escala laboratorio para el tratamiento del lixiviado del botadero "La Mejorada"; de esta manera, minimizar el impacto ambiental al recurso hídrico del río Mantaro, ya que los lixiviados que proviene el botadero de "La Mejorada" son vertidos directamente a este cuerpo natural receptor.

## Materiales y métodos

### Materiales

- Celda de electrocoagulación.
- Electrodo de fierro.
- Electrodo de cobre.
- pHmetro.
- Fuente de poder.
- EPPs y otros.
- Guantes de goma.
- Protección respiratoria.
- Guardapolvo.
- Lentes contra impactos.
- Desinfectante
- Jabón

### Método

#### Construcción de celda de electrocoagulación

El sistema opera como reactor batch a escala pro-

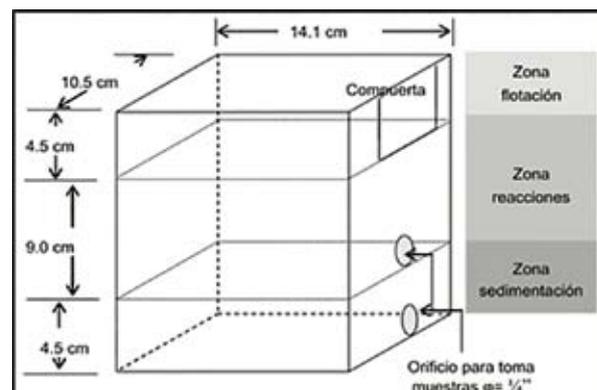
totipo, con capacidad para tratar 1,5 litros de aguas residuales. Consta de una celda electrolítica de dos litros en la cual están sumergidos los electrodos, estos electrodos son placas rectangulares metálicas de hierro y aluminio dispuestas en paralelo y conectadas a una fuente de voltaje de corriente directa que proporciona la corriente eléctrica requerida para la electrocoagulación.

La fuente de voltaje posee controles de corriente y voltaje regulables e independientes. (Arango, 2007)

La celda para electrocoagulación se diseñó considerando una distribución volumétrica que contempla tres regiones; una región superior, para el depósito de los lodos de flotación o lodos menos densos y las espumas, llamada zona de flotación; una región media, de reacciones electroquímicas, llamada zona de reacción en donde se encuentran los electrodos y; una región inferior, llamada zona de sedimentación donde se depositan los lodos de precipitación o lodos más densos. Esto se puede observar en la Figura 1.

**Figura 1**

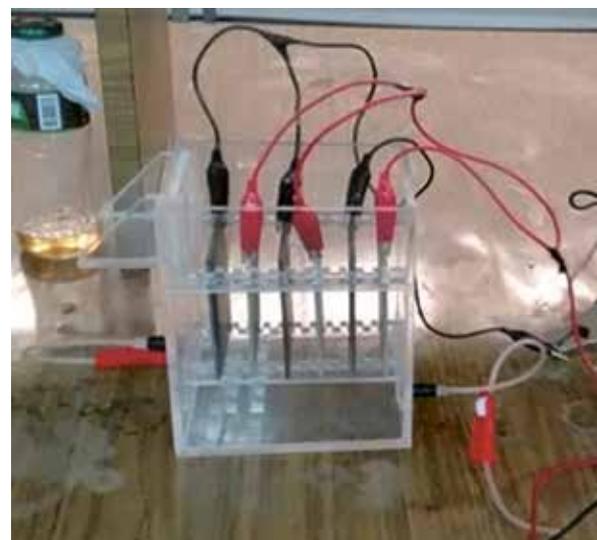
Dimensiones de la celda para electrocoagulación.



Fuente: (Arango, 2007)

**Figura 2**

Celda electroquímica.



## Selección del material de los electrodos, número de electrodos y dimensiones

Se probaron electrodos de hierro y aluminio por las siguientes razones:

- Disponibilidad de los metales.
- Son materiales relativamente baratos.
- Amplia información bibliográfica, en la que se reportan buenas remociones de contaminantes con estos materiales en la electrocoagulación, adicionalmente son los metales más utilizados en el proceso (Koby, 2003; Chen, 2002).

Los electrodos se diseñaron como placas rectangulares dispuestas en serie. Comercialmente, estos metales se encuentran disponibles como láminas de 3 mm de espesor. Se estableció una distancia de 2 cm entre el arreglo de placas y cada una de las caras laterales de la celda, para permitir de esta forma el flujo del agua residual durante la electrólisis.

Una distancia de 1.25 cm entre la cara frontal y los electrodos, igualmente 1.25 cm entre estos y la cara posterior de la celda (Arango, 2007).

## Resultados

### Caracterización de las aguas residuales del botadero

Se tomaron muestras representativas de los efluentes del lixiviado de Concepción mediante el protocolo de monitoreo y muestreo de la Autoridad Nacional del Agua, las cuales se envió al laboratorio para determinar los parámetros necesarios que nos indicó como inicio de la investigación, obteniendo como resultado la siguiente Tabla.

**Tabla 1**

*Caracterización del lixiviado.*

Parámetro	Método	Resultados
Sólidos disueltos	MS-2540-C-Secado a 180 °C	1905,0 mg/l
Sólidos suspendidos	MS-2540-C-Secano a 103 °C-105 °C	1597,0 mg/l
Sólidos totales	MS-2540-C-Secano a 103 °C-105 °C	4297,0 mg/l
O <sub>2</sub>	MS-5220-D-reflujo	0 mg/l
pH	MS-4500-H-B-Electrométrico	7,6
Conductividad	MS-2540-C-Secado a 180 °C	3620,0 μSm/cm
DQO	MS-5220-D-reflujo cerrado colorimétrico	9962,6 mg/l
DBO5	MS-5210-B-ROD 5 días	6822,5 mg/l

### Tratamientos experimentales

Luego se obtuvieron los resultados de cada tratamiento en función al diseño experimental del capítulo anterior que se presentan a continuación.

**Tabla 2**

*Resultados del tratamiento con pH 7 y tensión de corriente 20 v.*

Tiempo (min)	DQO (mg/l)	DBO5 (mg/l)	pH	T (°C)
0	9962,4	6822,1	7,1	13,9
30	4821,6	2940,3	8,8	22,4
45	2546,5	1422,8	9,6	28,6
60	1748,2	859,3	10,4	35,7

En la Tabla 2, se muestran los resultados de los análisis realizados a las pruebas experimentales; en la primera columna, se encuentran los tiempos de exposición del lixiviado en el reactor de electrocoagulación; en la segunda columna, los resultados de DQO con un valor inicial de 9962,4 mg/l y finalizó con 1748,2 mg/l, en la tercera columna, se presenta los resultados de DBO5 con un valor inicial de 6822,1 mg/l y finalizando con un valor de 859,3 mg/l, en la siguiente columna, los resultados de pH, con un valor inicial de 7,1 que fue incrementando hasta un valor básico de 10,4; en la última columna, se encuentra la temperatura que inicia en 13,9 °C y se incrementa hasta llegar a un valor de 35,7 °C.

**Tabla 3**

*Resultados del tratamiento con pH 8 y tensión de corriente 20 v.*

Tiempo (min)	DQO (mg/l)	DBO5 (mg/l)	pH	T (°C)
0	9962,4	6822,1	7,9	14,6
30	4005,7	2541,3	9,3	24,7
45	2712,1	1358,2	10,4	29,8
60	902,9	412,2	10,9	35,4
75	900	405	11	40

En la Tabla 3, se muestran los resultados de los análisis realizados a las pruebas experimentales; la primera columna muestra los tiempos de exposición del lixiviado en el reactor de electrocoagulación; la segunda columna, los resultados de DQO con un valor inicial de 9962,4 mg/l y finalizó con 900 mg/l en un tiempo de 75 min, no existiendo mucha variación con una muestra anterior de 902,9 mg/l en un tiempo de 60 min; la tercera columna presenta los resultados de DBO5 con un valor inicial de 6822,1 mg/l y finalizando con un valor de 405 mg/l; la siguiente columna presenta los resultados de pH, con un valor inicial de 7,9 que fue incrementando hasta un valor básico de 11; la última columna muestra la temperatura que inicia en 14,6 °C y se incrementa hasta llegar a un valor de 40 °C.

**Tabla 4**

*Resultados del tratamiento con pH 7 y tensión de corriente 30 v.*

Tiempo (min)	DQO (mg/L)	DBO5 (mg/L)	pH	T (°C)
0	9125,3	6399,5	7	14,1
30	4109,8	2458,9	9,1	25,7
45	2415,6	1208,3	10,5	31
60	1225,1	598,7	11,4	39,7

En la Tabla 4, se muestran los resultados de los análisis realizados a las pruebas experimentales; la primera columna, muestran los tiempos de exposición del lixiviado en el reactor de electrocoagulación; la segunda columna, muestra los resultados de DQO con un valor inicial de 9125,3 mg/l y finalizó con 1225,1 mg/l; la tercera columna presenta los resultados de DBO5 con un valor inicial de 6399,5 mg/l y, finalizando con un valor de 598,7 mg/l; la cuarta columna muestra los resultados de pH, con un valor inicial de 7 que se incrementó hasta un valor básico de 11,4; en la última columna se encuentra la temperatura que inicia en 14,1 °C y se incrementa hasta llegar a un valor de 39,7 °C.

**Tabla 5**

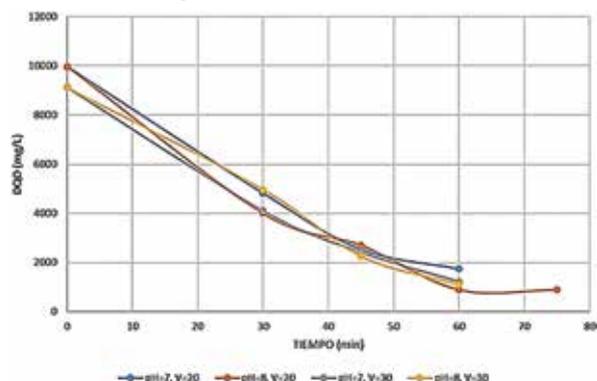
Resultados del tratamiento con pH 8 y tensión de corriente 30 v.

Tiempo (min)	DQO (mg/l)	DBO5 (mg/l)	pH	T (°C)
0	9125,3	6399,5	8,1	14,5
30	4978,1	2935,7	9,9	24,6
45	2256,8	1199,5	10,8	31,1
60	1109,2	551	11,6	38,8

En la Tabla 5, se muestran los resultados de los análisis realizados a las pruebas experimentales; la primera columna muestran los tiempos de exposición del lixiviado en el reactor de electrocoagulación; la segunda columna muestran los resultados de DQO con un valor inicial de 9125,3 mg /l y finalizó con 1109,2 mg/l; la tercera columna presenta los resultados de DBO5 con un valor inicial de 6399,5 mg/l y finalizando con un valor de 551 mg/l; la cuarta columna muestran los resultados de pH, con un valor inicial de 8,1 que se incrementó hasta un valor básico de 11,6; en la última columna se encuentra la temperatura que inicia en 14,5 °C y se incrementa hasta llegar a un valor de 38,8 °C.

**Figura 3**

Reducción de la DQO.

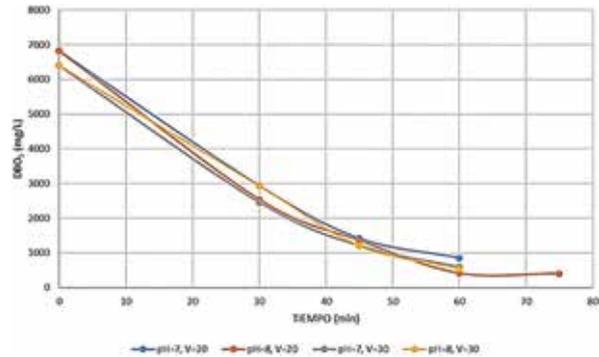


En la Figura 3, se muestra la disminución del valor de la DQO en el lixiviado tratado en el reactor de electrocoagulación, en periodos de tiempo de hasta 60 min y 75 min, con pH 7 y 8, y tensión de corriente de 20V y 30V, durante aproximadamente los 30 a 40 minutos iniciales se observa la mayor cantidad de reducción de este parámetro,

y en los siguientes minutos, la velocidad de reducción disminuye hasta tornarse en valores constantes que muestran la detención del proceso.

**Figura 4**

Reducción de la DBO5.



En la Figura 4, se muestra la disminución del valor de la DBO5 en el lixiviado tratadas en el reactor de electrocoagulación, en periodos de tiempo de hasta 60 min y 75 min, con pH 7 y 8, y tensión de corriente de 20V y 30V, durante aproximadamente los 30 a 45 minutos iniciales se reduce la mayor cantidad de este parámetro y, en los siguientes minutos, los valores se tornan constantes deteniendo la reducción de los valores de la DBO5.

**Discusión**

Se caracterizó el lixiviado del botadero de La Mejorada, obteniendo los resultados en las tablas anteriores, los cuales superan los límites máximos. Los valores de la caracterización fueron sólidos disueltos de 1905 mg/l, solidos suspendidos de 1597 mg/l, sólidos totales 4297 mg/l, DQO de 9962, 6 mg/l, DBO5 de 6822,5 mg/l y un pH de 7,6.

Con los resultados de las pruebas experimentales, se calcularon los % de remoción de DQO y DBO5 a partir de la ecuación.

$$\% \text{ Remoción}_{DQO} = \frac{DQO_o - DQO_f}{DQO_o} * 100$$

**Tabla 6**

Cálculos de DQO y DBO5 con pH 7 y Tensión de corriente 30 v.

Tiempo	pH	% DQO	% DBO5	Relación DBO/DQO
0	7	0,000	0,000	0,701
30	9,1	0,550	0,616	0,598
45	10,5	0,735	0,811	0,500
60	11,4	0,866	0,906	0,489

La Tabla 6, muestra los porcentajes de la reducción de la materia orgánica en las pruebas experimentales con parámetros de pH 7 y tensión de corriente de 30V, en la primera columna muestra los tiempos aplicados en cada experimentación que llegaron hasta los 60 min; la segunda columna mues-

tra el valor del pH de la muestra que inicio en 7 y se elevó a un valor de 11,4; la tercera columna muestra el valor porcentual de la reducción de la DQO el cual fue cercano al 90 %; la cuarta columna muestra el valor porcentual de la reducción de la DBO5 obteniéndose un valor mayor al 90 % y; la última columna muestra la degradabilidad de la materia orgánica representada por la relación de la DBO/DQO, el cual tuvo un valor inicial de 0.701 y un valor final de 0.489.

**Tabla 7**

Cálculos de DQO y DBO5 con pH 8 y Tensión de corriente 30 v.

Tiempo	pH	%DQO	%DBO5	Relación DBO/DQO
0	8,1	0,000	0,000	0,701
30	9,9	0,454	0,541	0,590
45	10,8	0,753	0,813	0,532
60	11,6	0,878	0,914	0,497

La Tabla 7, muestra los porcentajes de la reducción de la materia orgánica en las pruebas experimentales con parámetros de pH 8 y tensión de corriente de 30 v; en la primera columna, muestran los tiempos aplicados en cada experimentación que llegaron hasta los 60 min; la segunda columna, se observa el valor del pH de la muestra que inició en 8,1 y se elevó a un valor de 11,6; la tercera columna, muestra el valor porcentual de la reducción de la DQO el cual fue cercano al 90 %; la cuarta columna, muestra el valor porcentual de la reducción de la DBO5 obteniéndose un valor mayor al 90 % y; la última columna, muestra la degradabilidad de la materia orgánica representada por la relación de la DBO/DQO, el cual tuvo un valor inicial de 0,701 y un valor final de 0,497.

## Conclusiones

- La composición físico química del lixiviado del botadero La Mejorada contienen sólidos disueltos de 1905 mg/l, sólidos suspendidos de 1597 mg/l, Sólidos totales 4297 mg/l, DQO de 9962,6 mg/l, DBO5 de 6822,5 mg/l y un pH de 7,6.
- El tiempo de retención hidráulica óptimo para el tratamiento lixiviado mediante el método de electrocoagulación es de 60 minutos, con un voltaje administrado de 20 v.
- El pH de lixiviado sometidas a tratamiento mediante el método de electrocoagulación, trabaja mejor con pH alcalino (pH=8); además, el valor del pH durante el proceso se incrementa y tiende a ser más alcalino.
- La tensión de corriente óptima en el tratamiento del lixiviado mediante el método de electrocoagulación es de 20 v.

- Se obtuvo una disminución de la carga orgánica de hasta el 90 % en el tratamiento del lixiviado mediante el método de electrocoagulación.

## Referencias bibliográficas

- Arango. (2005). *La electrocoagulación: Una alternativa para el tratamiento de aguas residuales*. Revista Lasallista de Investigación, 49-56.
- Barkley. (1993). *Alternating current electrocoagulation for superfund site remediation*.
- Barrera, C. E. (2014). *Historia y evolución de la electrocoagulación. En aplicaciones electroquímicas al tratamiento de aguas residuales*. (págs. 165-180). Reverte.
- Chen. (2004). *Electrochemical technologies in wastewater treatment*. Separation and Purification Technology, 11-41.
- Chen & Sheng (2003). *Ingeniería Química Ciencia. China*.
- Cisneros, J. (2001). *La contaminación ambiental en México*. Limusa Noriega editores, 409-505.
- Diamadopoulos. (1994). *Characterization and treatment of recirculation - stabilized leachate*. Water Research., 23, 2439-2445.
- Díaz, C. E. (2014). *Aplicaciones electroquímicas al tratamiento de aguas residuales*. Reverte.
- Foth, D. H. (1997). *Fundamentos de la ciencia del suelo*. CECSA, 207-214, 365-370.
- García, F. C. (2012). *Electrocoagulación: una alternativa para depuración de lactosuero residual*. AIDIS, 62-64.
- Gobierno del Distrito Federal, D. (2002). *Resumen ejecutivo sobre el monitoreo ambiental realizado en el sitio de disposición final en operación "Bordo Poniente"*. Dirección Técnica de Desechos Sólidos.
- Holt. (2003). *Electrocoagulation*. PhD thesis, Faculty of Engineering, The University of Sydney.
- Huijuan Liu, X. Z. (2010). *Electrocoagulation en el tratamiento de agua*. En X. Z. Huijuan Liu, Electroquímica del Medio Ambiente (págs. 245-262). Nueva York: Springer.
- J., S. C. (2005). *Contamina un derrame de lixiviados cultivos de Chiconautla y Totolcingo*. La Jornada, 50,95.
- Krishnam Rajeshwar, J. G. (1997). *Electroquímica ambiental: Fundamentos y aplicaciones en reducción de la contaminación*. Prensa académica.
- Méndez N., C. S. (2002). *Influencia del material de cubierta en la composición de los lixiviados de un relleno sanitario*.

- Mollah. (2001). *La ciencia y aplicaciones*. EE.UU. / Bangladés / México.
- Mollah. (2004). *Fundamentals, present and future perspectives of electrocoagulation*. Journal of Hazardous Materials.
- Mollah, M. &. (2001). *Electrocoagulation (EC)*. Science and applications: Journal of Hazardous Materials, 29-41.
- Ogutveren. (1992). *Journal of Environmental Science*.
- Phutdhawong. (2000). *Analytical Science* (Vol. vol. 16). The Japan Society of Analytical Chemistry.
- Prentice G. (1990). *Electrochemical Engineering*. National Science Foundation.
- Restrepo. (2006). *La electrocoagulación: retos y oportunidades en el tratamiento de aguas*. Producción + Limpia, 58-77.
- Ríos. (2005). *The passivation of the electrode in the electrocoagulation process*. Portugaliae Electrochimica Acta 23, (págs. 17-34). Mexico.
- Skoog. (2001). *Química Analítica*. Nueva York, Estados Unidos: edición, McGraw-Hill.
- Social, S. d. (2001). *Manuales técnicos para el manejo de la basura ¡Por un México Limpio!* (SEDESOL).
- Tchobanogluos, T. A. (1994). *Gestión integral de residuos sólidos*. Mc Graw-Hill/Interamericana , 120-128, 407-502.
- Víctor, E. & Reyes Cruz, Y. M. (5 de Enero de 2012). ADIS. ECURED - *Conocimiento con todos y para todos*: <http://www.ecured.cu/index.php/Cromo>
- Walsh. (2001). *Pure and applied chemistry*.



## Evaluación de la temperatura y el tiempo de calcinación en la síntesis y caracterización de nanopartículas de TiO<sub>2</sub> para el uso como agente antibacterial

### Evaluation of the calcination temperature and time in the synthesis and characterization of TiO<sub>2</sub> nanoparticles for use as an antibacterial agent

Ever Ingaruca Álvarez<sup>1</sup>, Edgar Rojas Zacañas<sup>1</sup>, Orlando Vilca Moreno<sup>1</sup>, Henry Ochoa León<sup>1</sup>, Elí Caro Meza<sup>2</sup>, Evelyn Tinoco Bernuy<sup>3</sup>

E-mail: [eingaruca@uncp.edu.pe](mailto:eingaruca@uncp.edu.pe) / [edgarrojas@uncp.edu.pe](mailto:edgarrojas@uncp.edu.pe) / [ovilca@uncp.edu.pe](mailto:ovilca@uncp.edu.pe) / [hochoa@uncp.edu.pe](mailto:hochoa@uncp.edu.pe) / [ecaro@uncp.edu.pe](mailto:ecaro@uncp.edu.pe)

#### Cómo citar

Ingaruca Álvarez, E.; Rojas Zacañas, E.; Vilca Moreno, O.; Ochoa León, H.; Caro Meza, E. & Tinoco Bernuy, E. (2020). *Evaluación de la temperatura y el tiempo de calcinación en la síntesis y caracterización de nanopartículas de TiO<sub>2</sub> para el uso como agente antibacterial*. Revista de la UNCP: 17(1), 115-118. <https://doi.org/10.26490/uncp.prospectivauniversitaria.2020.17.1384>

#### Resumen

Las nanopartículas de TiO<sub>2</sub> en el tratamiento final de las aguas residuales municipales es de gran importancia, por considerarse un material para la desinfección de coliformes totales debido a su propiedad antibacterial con respecto a su tamaño de partícula. En el presente trabajo, se ha estudiado la influencia de la temperatura y el tiempo de calcinación durante el proceso de síntesis de nanopartículas de óxido de titanio. Los resultados indican que para temperaturas de calcinación entre 300 y 700 °C se obtienen nanopartículas de TiO<sub>2</sub> de diámetros hidrodinámicos que varían de 12 a 60 nm, los cuales fueron hallados con un tiempo de calcinación de 1 hora y 30 minutos. Estos resultados indicarían que para tamaños de nanopartículas de TiO<sub>2</sub> inferiores a 60 nm se lograría una disminución de la población bacteriana presente en las aguas residuales municipales tratadas y con lo cual se facilitaría el reúso de estas aguas por la aplicación de una nueva tecnología.

**Palabras clave:** calcinación, nanopartículas TiO<sub>2</sub>, diámetro hidrodinámico, agente antibacterial, temperatura

#### Abstract

TiO<sub>2</sub> nanoparticles in the final treatment of municipal wastewater are of great importance, as they are considered a material for the disinfection of total coliforms due to their antibacterial property with respect to their particle size. In the present work, the influence of temperature and calcination time during the synthesis process of titanium oxide nanoparticles has been studied. The results indicate that for calcination temperatures between 300 and 700 °C, TiO<sub>2</sub> nanoparticles with hydrodynamic diameters ranging from 12 to 60 nm are obtained, which were found with a calcination time of 1 hour and 30 minutes. These results would indicate that for sizes of TiO<sub>2</sub> nanoparticle below 60 nm, a decrease in the bacterial population present in treated municipal wastewater would be achieved, thus facilitating the reuse of these waters through the application of a new technology.

**Keywords:** calcination, TiO<sub>2</sub> nanoparticles, hydrodynamic diameter, antibacterial agent, temperature

<sup>1</sup>Docente de la Fac. de Ingeniería Química / <sup>2</sup>Fac. de Minas / <sup>3</sup>Fac. de Agronomía

## Introducción

El problema de las afecciones salubres generadas por los microorganismos patógenos y fecales presentes en las aguas residuales municipales, afectan a la salud de las poblaciones. El Estado no interviene mediante el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, al no implementar nuevas tecnologías en el tratamiento de las aguas residuales municipales. La presencia de los coliformes genera enfermedades, como fiebre tifoidea, meningoencefalitis, amebiasis, cólera, gastroenteritis, entre otras, siendo las causas de morbilidad y mortalidad, especialmente en niños de la región Junín.

Para generar nuevas alternativas de tratamiento final de las aguas residuales municipales es necesario investigar el uso de nanopartículas de  $\text{TiO}_2$ , como antibacteriana para mejorar la calidad de las aguas tratadas y cuya finalidad superior sea reutilizar en la agricultura para proteger la seguridad agrícola y alimenticia de nuestras poblaciones. Resolver este problema daría una gran variedad de modificaciones del uso del agua en el desarrollo futuro y ofrecería grandes oportunidades seguras para el reuso de las aguas residuales.

Las nanopartículas de  $\text{TiO}_2$  son materiales de gran importancia tecnológica por sus propiedades fisicoquímicas y sus métodos de síntesis se puede realizar mediante sol-gel y de acuerdo al precursor polimérico o de Pechini (Andrea et al., 2011). Pero, para la síntesis de nanopartículas de  $\text{TiO}_2$  en fase anatasa, utilizando como precursor el oxisulfato de titanio con temperaturas de 300 y 500 °C y para períodos de tiempos de 30 y 60 minutos de calcinación ha sido realizada por Mosquera et al. (2015). La síntesis de nanopartículas de óxido de titanio se puede también, obtener a partir de los precursores de tetracloruro de titanio ( $\text{TiCl}_4$ ) con hidróxido de amonio ( $\text{NH}_4\text{OH}$ ) para conseguir una morfología de nanocristales (Enríquez et al., 2008).

Durante la síntesis de nanopartículas de  $\text{TiO}_2$  del tipo anatasa aplicando el método de sol-gel se puede añadir ácidos durante la formación, con la finalidad de mejorar la síntesis y disminuir el tamaño de las nanopartículas hasta llegar a los 5 nm de diámetro a una temperatura menor a 600 °C de calcinación (Lusvardi et al., 2017).

Las nanopartículas de óxido de titanio de tamaños menores a 250 nm es aplicable en las plantas de tratamiento de aguas residuales y que en su mayor parte van a constituir los lodos formados durante la biodegradación de la materia orgánica y que solamente en un 3 a 4% se encuentran en las aguas residuales tratadas y que, esta concentración, no representa ningún efecto negativo (Gartiser et al., 2014).

## Tiempo de calcinación durante la síntesis de nanopartículas de $\text{TiO}_2$

El tiempo de calcinación también influye en el tamaño de las nanopartículas de dióxido de titanio, tanto para el tipo anatasa y rutilo. Por el método gel-sol se obtienen nanopartículas con estructuras cristalinas de anatasa a temperaturas entre 500 y 600 °C. El mejor tiempo de calcinación es de 3 horas en donde se encuentran tamaños de partículas en el rango de 10-50 nm (Wetchakun et al., 2012).

## Temperatura de calcinación durante la síntesis de nanopartículas de $\text{TiO}_2$

La calcinación en la síntesis de  $\text{TiO}_2$  se realiza a temperaturas entre 400 y 700 °C y, a medida que aumenta la temperatura, las NPS- $\text{TiO}_2$  también crecen de tamaño. Este crecimiento del tamaño de las partículas de óxido de titanio se identifica mediante imágenes de TEM o SEM (Buraso et al., 2018). La estabilidad del tamaño de partícula del óxido de titanio del tipo anatasa se logra a una temperatura de calcinación de 600 °C (Leyva-Porras et al., 2015).

A partir de poliol, utilizando butóxido de titanio (IV) como fuente de titanio, acetona como fase oleosa y etilenglicol como estabilizador, también se pueden obtener las nanopartículas de  $\text{TiO}_2$  del tipo anatasa y rutilo a unas temperaturas de calcinación desde 300 a 1000 °C. El efecto de la temperatura es directamente proporcional al diámetro hidrodinámico de las nanopartículas. A temperaturas de calcinación menores a 300 °C, se producen nanopartículas  $\text{TiO}_2$  del tipo anatasa; a temperaturas entre 400 y 600 °C, se producen las nanopartículas del tipo anatasa y rutilo; pero, para temperaturas mayores a 700 °C se producen solamente las del tipo rutilo (Shah & Rather, 2021).

La temperatura de calcinación, que varía entre 300 y 1100 °C, también influye en la formación de fases mixtas de brookita/rutilo de las nanopartículas de  $\text{TiO}_2$ ; es por ello que, a partir de los 700 °C se produce la fase rutilo hasta los 1100 °C, dando las mejores propiedades para la inhibición de las bacterias e, inclusive, para algunos virus como de la gripe, siendo estas consideradas de mayor aplicabilidad para aplicaciones ambientales (Kim et al., 2021).

## Materiales y métodos

### Equipos

Microscopía electrónica de barrido de emisión de campo (SEM), marca TESCAN, modelo MI-RA3-LMU; analizador de nanopartículas y; analizador de potencial Z (DLS), marca NICOMP PSS Z3000; los dos últimos analizadores, del Centro de Investigación de Nanotecnología de la Facultad

de Ingeniería Química de la Universidad Nacional del Centro del Perú. Sonificador, marca BRANSON, modelo SFX250; termómetro digital, tipo lapicero, marca BOECO, modelo TP101; mufla, horno de cámara marca: PROTHERM, modelo: ECO 110/15 con capacidad de 15 litros, temperatura máxima: 1100 °C.

## Materiales

Micropipetas, tubos de ensayo, matraz Erlenmeyer, vasos de precipitación, fiola, lunas de reloj, buretas, cronómetro, máscara de seguridad, papel filtro, pinza, bolsas herméticas, embudo, cuchara y espátula metálica.

## Reactivos e insumos

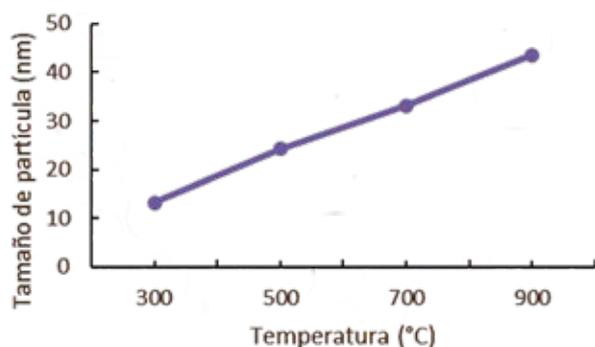
Oxisulfato de titanio Q.P. ( $\text{TiOSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ), hidróxido de amonio Q.P., agua desionizada (Millipore), alcohol etílico absoluto, peróxido de hidrógeno y consumibles para SEM.

## Resultados

Los resultados de la síntesis de nanopartículas de  $\text{TiO}_2$  se realizó de acuerdo a la información de (Mosquera et al., 2015) y, la calcinación se realizó a temperaturas de 300, 500, 700 y 900 °C para períodos de tiempo de 30, 60, 90 y 120 minutos (Figura 1).

**Figura 1**

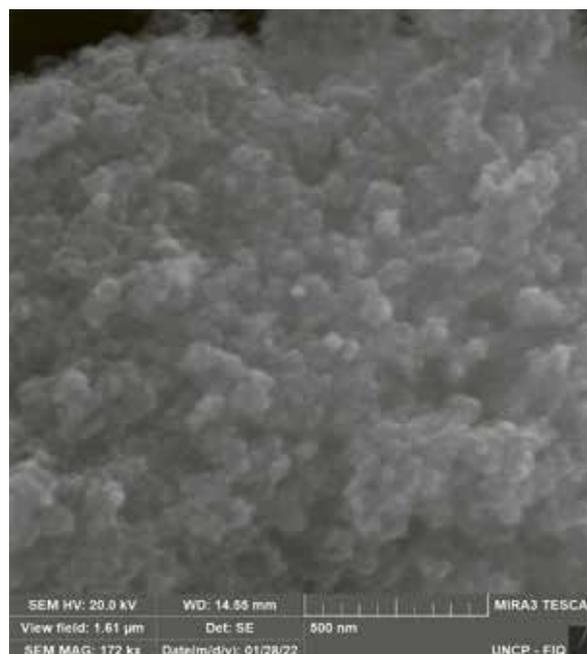
Diámetros de las nanopartículas de  $\text{TiO}_2$  para las temperaturas de calcinación.



Al trabajar con temperaturas de calcinación de 300 a 700 °C, se obtuvo un tamaño de partículas entre 12.2 y 13.2 nm, similar a lo reportado por Buraso et al. (2018) quienes reportaron tamaños de diámetros dinámicos entre 11.3 y 27.4 nm pero ellos solo trabajaron para temperaturas de calcinación de 400 °C. En la investigación de Andrea et al. (2011) y Wetchakun et al. (2012) también determinaron tamaño de partículas menores a 100 nm para temperaturas mayores a 450 °C; sin embargo, estos diámetros no fueron medidos debido a que su morfología estuvo aglomerada. Este caso de aglomeración, también se puede apreciar en la Figura 2, debido a la poca dispersión durante la sonicación de la muestra antes de visualizar las imágenes en el SEM.

**Figura 2**

Micrografía de nanopartículas de  $\text{TiO}_2$  calcinados a 700 °C por 90 minutos.



El tamaño promedio de las nanopartículas de  $\text{TiO}_2$  que tienen la morfología cristalina y esférica han variado entre 12.2 y 63.31 nm (Figura 3), concordante con los resultados de Shah & Rather (2021) quienes determinan diámetros hidrodinámicos entre 9,3 y 66,9 nm para temperaturas de calcinación desde 300 a 1000 °C.

**Figura 3**

Micrografía de nanopartículas de  $\text{TiO}_2$  calcinados a 700 °C con diámetro promedio de 33 nm.

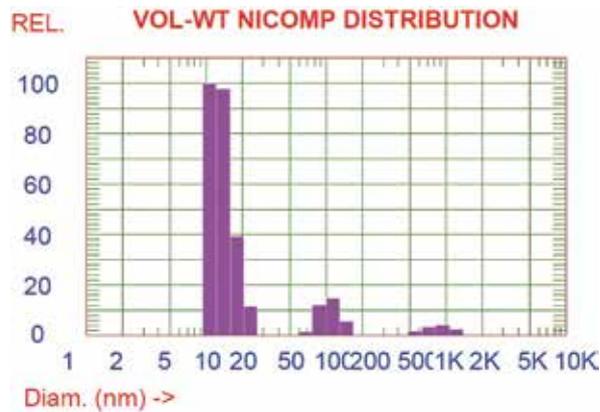


Los resultados que se obtuvieron a condiciones de 700 °C durante los 90 minutos de calcinación en la formación de las NPS- $\text{TiO}_2$  se obtuvo nanopartículas

las de 13 nm como promedio (Figura 4), similar a lo reportado por Mosquera et al. (2015) quienes determinaron 10 nm de diámetro de las NPS-TiO<sub>2</sub> anatasa.

#### Figura 4

Histograma de Números obtenido del equipo DLS durante la caracterización de las NPs-TiO<sub>2</sub> para diámetros de 13 nm.



## Conclusiones

- Para obtener nanopartículas de TiO<sub>2</sub> con diámetros hidrodinámicos entre 12 y 30 nm se debe trabajar a temperaturas de calcinación de 300 a 700 °C.
- El tiempo de calcinación para la formación de nanopartículas de TiO<sub>2</sub> de tamaños menores a 60 nm debe ser de 90 minutos.

## Referencias bibliográficas

- Andrea, M.; Urbano, V.; Fernández, Y. O.; Mosquera, P.; Enrique, J. & Páez, R. (2011). *Nanopartículas de TiO<sub>2</sub>, fase anatasa, sintetizadas por métodos químicos*. Revista Científica Ingeniería y Desarrollo, 29(2), 186-201–201.
- Buraso, W.; Lachom, V.; Siriya, P. & Laokul, P. (2018). *Synthesis of TiO<sub>2</sub> nanoparticles via a simple precipitation method and photocatalytic performance*. Materials Research Express, 5(11), 0–10. <https://doi.org/10.1088/2053-1591/aadbf0>
- Enríquez, J. M. H.; Serrano, L. A. G.; Soares, B. H. Z.; Alamilla, R. G.; Resendiz, B. B. Z. & Sánchez, T. D. A. (2008). *Síntesis y caracterización de nanopartículas de N-TiO<sub>2</sub> - Anatasa*. Superficies y Vacío, 21(4), 1–5.
- Gartiser, S.; Flach, F.; Nickel, C.; Stintz, M.; Damm, S.; Schaeffer, A.; Erdinger, L. & Kuhlbusch, T. A. J. (2014). *Behavior of nanoscale titanium dioxide in laboratory wastewater treatment plants according to OECD 303 A*. Chemosphere, 104, 197–204. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2013.11.015>
- Kim, M. G.; Kang, J. M.; Lee, J. E.; Kim, K. S.; Kim, K. H.; Cho, M. & Lee, S. G. (2021). *Effects of calcination temperature on the phase composition, photocatalytic degradation and virucidal activities of TiO<sub>2</sub> nanoparticles*. ACS Omega, 6(16), 10668–10678. <https://doi.org/10.1021/acsomega.1c00043>
- Leyva-Porras, C.; Toxqui-Teran, A.; Vega-Becerra, O.; Miki-Yoshida, M.; Rojas-Villalobos, M.; García-Guaderrama, M. & Aguilar-Martínez, J. A. (2015). *Low-temperature synthesis and characterization of anatase TiO<sub>2</sub> nanoparticles by an acid assisted sol-gel method*. Journal of Alloys and Compounds, 647, 627–636. <https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2015.06.041>
- Lusvardi, G.; Barani, C.; Giubertoni, F. & Paganelli, G. (2017). *Synthesis and characterization of TiO<sub>2</sub> nanoparticles for the reduction of water pollutants*. Materials, 10(10), 1–11. <https://doi.org/10.3390/ma10101208>
- Mosquera, E.; Rosas, N.; Debut, A. & Guerrero, V. H. (2015). *Síntesis y caracterización de nanopartículas de dióxido de titanio obtenidas por el método sol-gel*. Revista Politécnica, 36(3), 7. [https://www.revistapolitecnica.epn.edu.ec/ojs2/index.php/revista\\_politecnica2/article/view/525/pdf](https://www.revistapolitecnica.epn.edu.ec/ojs2/index.php/revista_politecnica2/article/view/525/pdf)
- Shah, A. H. & Rather, M. A. (2021). *Effect of calcination temperature on the crystallite size, particle size and zeta potential of TiO<sub>2</sub> nanoparticles synthesized via polyol-mediated method*. Materials Today: Proceedings, 44(xxxx), 482–488. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.10.199>
- Wetchakun, N.; Incessungvorn, B.; Wetchakun, K. & Phanichphant, S. (2012). *Influence of calcination temperature on anatase to rutile phase transformation in TiO<sub>2</sub> nanoparticles synthesized by the modified sol-gel method*. Materials Letters, 82, 195–198. <https://doi.org/10.1016/j.matlet.2012.05.092>



## Pretratamiento ácido de residuos de apio (*Apium Graveolens*)

### Acid pretreatment of celery residues (*Apium Graveolens*)

Wilder E. Eufrazio Arias<sup>1</sup>, Elías A. Sanabria Pérez<sup>2</sup>

E-mail: [weufrazio@uncp.edu.pe](mailto:weufrazio@uncp.edu.pe) / [esanabria@uncp.edu.pe](mailto:esanabria@uncp.edu.pe)

#### Cómo citar

Eufrazio Arias, W. E. & Sanabria Pérez, E. A. (2020). *Pretratamiento ácido de residuos de apio (Apium Graveolens)*. *Prospectiva Universitaria, Revista de la UNCP*. 17(1), 119-137. <https://doi.org/10.26490/uncp.prospectivauniversitaria.2020.17.1396>

#### Resumen

En la investigación se determinó la influencia del tiempo, temperatura y dosis de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> en las características de la celulosa y concentración de glucosa en el pretratamiento ácido de los residuos de apio, de tal manera que, al ser pretratados tenga las mejores condiciones para la hidrólisis y posterior fermentación, obteniéndose como producto final etanol. La parte experimental consistió en coleccionar y preparar los residuos de apio, preparar el reactivo DNS y elaborar la curva de calibración de la glucosa, la cual sirve para determinar la concentración de azúcares reductores, realizar el pretratamiento ácido a 25 g de residuos en cada experimento y determinar la morfología de la celulosa con el microscopio de barrido electrónico (SEM) Mira 3 Tescan. Las variables que se evaluaron son la concentración del H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (0.1 %, 2.5 % y 4.0 %), temperatura (60, 70 y 80 °C) y tiempo (2, 3 y 4 horas), siguiéndose los parámetros las experimentaciones del diseño experimental. De las pruebas iniciales, los niveles bajos de las variables son las mejores condiciones del pretratamiento ácido por la morfología que presentan que concuerdan con lo indicado en la literatura, con ello la producción de glucosa en la hidrólisis será mayor y etanol en la fermentación.

**Palabras clave:** residuos de apio, pretratamiento ácido, celulosa, desechos orgánicos, biocombustible, biomasa

#### Abstract

The research determined the influence of time, temperature and dose of H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> on the characteristics of cellulose and glucose concentration in the acid pretreatment of celery waste, so that, when pretreated, it has the best conditions for hydrolysis and subsequent fermentation, obtaining it as a final product ethanol. The experimental part consisted of collecting and preparing celery residues, preparing the DNS reagent and drawing up the glucose calibration curve, which is used to determine the concentration of reducing sugars, performing acid pretreatment to 25 g of residues in each experiment and determining the morphology of cellulose with the scanning electron microscope (SEM) Mira 3 Tescan. The variables that were evaluated were the H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> concentration (0.1 %, 2.5 % and 4.0 %), temperature (60, 70 and 80 °C) and time (2, 3 and 4 hours), the parameters being followed by the experimental design experiments. From the initial tests, the low levels of the variables are the best conditions of acid pretreatment due to the morphology they present that are consistent with what is indicated in the literature, with which the production of glucose during hydrolysis will be higher and ethanol in fermentation.

**Keywords:** celery residues, acid pretreatment, cellulose, organic waste, biofuel, biomass

<sup>1</sup>Docente de la Facultad de Ingeniería Química - UNCP

## Introducción

Los desechos de alimentos que se descargan de restaurantes, plantas de producción de alimentos y cocinas domésticas constituyen una proporción considerable de los desechos sólidos municipales (RSU) en todo el mundo. Los desechos provenientes del Comedor Universitario de la UNCP son principalmente de origen orgánico, debido a la mínima presencia de materiales como papeles, plásticos y vidrios; el porcentaje de residuos de vegetales, como frutas, papa y otros son 69 %, 13 % y 18 %, respectivamente; de los vegetales, el apio es uno de los mayores, representando el 12.29 %.

Estos desechos o residuos son sólidos orgánicos que consisten principalmente de hidratos de carbono, ya sea en forma soluble o polimérico (almidón, celulosa, hemicelulosa) y otros compuestos orgánicos (proteínas, lípidos, ácidos, etc.); todo ello, representa una alternativa y fuente valiosa susceptibles a la fermentación de azúcares y, luego, en productos valiosos, como los biocombustibles gaseosos y líquidos (Li et al., 2007; Ruggeri y Tommasi, 2012)

La producción de etanol de segunda generación requiere el pretratamiento, hidrólisis enzimática y fermentación para maximizar la conversión y aprovechamiento de polímeros con alto contenido de carbohidratos como almidón (más del 40 %), proteínas (4 - 5 %), celulosa (2 - 3 %) y azúcares totales (más del 50 %) presentes en los desechos en azúcares simples o monosacáridos, y; finalmente, en etanol. La limitante de su implementación a escala real es el aspecto económico por los costos elevados asociados al procesamiento de la biomasa lignocelulosa en el pretratamiento e hidrólisis enzimática y requerimiento energético.

Entre los diferentes biocombustibles, el bioetanol se ha utilizado ampliamente como combustible alternativo para reducir emisiones de CO<sub>2</sub>, también se puede utilizar en el sector del automóvil como potenciador del octano en la gasolina sin plomo en lugar del metil-tercio-butilo éter (MTBE), compuesto oxigenado para la combustión limpia de gasolina y transportador de energía renovable para sustituir parcialmente el petróleo y aumentar la seguridad del suministro.

El pretratamiento de los desechos de alimentos con ácido sulfúrico diluido presenta diversas ventajas, como incrementar las velocidades de reacción, bajo costo y consumo de ácido, y no requerir sistemas de recuperación de ácido en grandes escalas de producción. Adicionalmente, al emplear este pretratamiento con alta concentración de sólidos es posible remover la xilosa constitutiva de la hemicelulosa presente en una mayor cantidad de biomasa lignocelulósica por lote incrementando la digestibilidad de la misma, facilitando así, la degradación de celulosa a glucosa por parte de las enzimas presentes durante la hidrólisis enzimática.

## Marco teórico

### Teoría básica

#### *Residuos Sólidos Municipales a Bioenergía*

El tamaño de la población humana es una de las preocupaciones ambientales más problemáticas. Se estima la población mundial en 7 182 millones y se espera que alcance entre 8 300 y 10 900 millones para el año 2050. Entre los siete continentes, Asia es el más poblado, con sus 4 300 millones de habitantes, representando el 60 % de la población mundial. Por el contrario, la urbanización de la población aumenta continuamente, de 3 400 millones en 2009 a 3 900 millones en 2014 (54 % de la población mundial) y casi se duplicará en el 2050; es decir, 6 400 millones (66 % de la población mundial); causando las crecientes presiones sobre el medio ambiente, los suministros mundiales de alimentos y los recursos energéticos (UNDESA, 2014).

Evidentemente, a partir de los problemas mencionados de la población urbana, el mundo ha experimentado un crecimiento urbano sin precedentes en las últimas décadas. En el año 2008, por primera vez, la población mundial se dividió equitativamente entre las zonas urbanas y rurales. Cerca de 400 ciudades con estadísticas de población superaron los 10 millones en 19 ciudades. El porcentaje de urbanización en las naciones desarrolladas fue de aproximadamente el 74 %; mientras que, el 44 % en los países menos desarrollados. Sin embargo, se observó una rápida urbanización en muchos países menos desarrollados (UNDESA, 2010). En la actualidad, la mayoría de las regiones urbanizadas del mundo incluyen América del Norte con un 82 % de habitantes urbanos, el Caribe y América Latina con un 80 % y Europa con un 73 %. En el caso de África y Asia, los habitantes urbanos representan el 40 % y el 48 %, respectivamente. Asia, a pesar de su menor nivel de urbanización, representa el 53 % de la población urbana global total, seguida de Europa (14 %) y América Latina (13 %). India alberga el 17.5 % de la población mundial y representa el 30% de la población urbana mundial junto con China. A un ritmo reciente, se estima que el crecimiento demográfico y la urbanización sumarán 2500 millones de personas a la población urbana global total para el año 2050 (UNDESA, 2014).

Como consecuencia del aumento poblacional, el crecimiento económico y la mejora de los estándares de vida desde las últimas tres décadas, la cantidad y complejidad total de RSU aumenta continuamente. En la última década, a nivel mundial, hubo 2.9 millones de residentes urbanos que generaron alrededor de 0.64 kg de RSU por persona por día (0,68 millones de toneladas por año). Los niveles actuales de generación mundial de RSU son de aproximadamente 1.3

billones de toneladas por año (1.2 kg por persona por día), y se espera que aumenten a aproximadamente 2.2 billones de toneladas por año (1.42 kg/cápita/día) para 2025. Esto representa un aumento significativo en tasas de generación de desechos per cápita, de 1.2 a 1.42 kg por persona por día en los próximos 15 años (Shaoli y Biswajit, 2016). Las ciudades de los países más ricos, como las de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (34 países de la región de Asia y el Pacífico, Europa, América del Norte, incluidos Canadá, México, Estados Unidos y América del Sur), descartan aproximadamente la mitad de residuos urbanos del mundo (un promedio de 2.2 kg per cápita por día). Por el contrario, las regiones de Asia oriental, África y Asia meridional tienen las tasas de generación per cápita más bajas en promedios de 0.95, 0.65 y 0.45 kg por día, respectivamente (Daniel et al., 2013). Sin embargo, la contribución de los Estados Unidos para la generación mundial de RSU es de 251 millones de toneladas (2012). La Unión Europea genera alrededor de 251,6 kton o 500 kg per cápita por año (EUROSTAT, 2011) y la generación anual de residuos en Asia Oriental y la región del Pacífico es de aproximadamente 270 millones de toneladas por año. Es probable que el África subsahariana aumente la tasa diaria de producción de desechos en hasta 1.0 kg per cápita, ya que se estima que para el año 2020, más del 50 % de la población vivirá en las ciudades.

En el caso de India, la generación de RSU es de aproximadamente 68.8 millones de toneladas, de las cuales 366 ciudades, que son el 70 % de la población urbana, generan 47.2 millones de toneladas; esto es un aumento del 50 % en la tasa de producción de RSU en una década. Por lo tanto, proyectando la generación de RSU para el 2041, estas ciudades indias generarán 161 millones de toneladas de RSU; es decir, un aumento de cinco veces en cuatro décadas. A este ritmo, el MSW urbano total generado en 2041 sería de 230 millones de TPD (630000 TPD) (Annepu, 2012; Shaikh et al., 2018). En consecuencia, cada año se producen millones de toneladas de residuos sólidos que deben eliminarse (Chowdhary et al., 2018; Bharagava & Mishra, 2018).

Según el estado físico, los desechos se pueden clasificar principalmente en desechos sólidos, líquidos y gaseosos. Los desechos sólidos se clasifican en desechos municipales, desechos peligrosos, desechos médicos y desechos radiactivos. El RSU se define como cualquier residuo generado por actividades domésticas, comerciales o institucionales y, por lo general, no es peligroso (Mani & Bharagava, 2016; Kumari et al., 2016; Goutam et al., 2018). La composición porcentual de los componentes de MSW se basa particularmente en el crecimiento económico y

el estado de ingresos de un país en particular. También está influenciado por otros factores, como el nivel de desarrollo económico, las normas culturales, la ubicación geográfica, las fuentes de energía y el clima. En países de bajos y medianos ingresos, el estilo de vida de las personas caracteriza decisivamente la composición porcentual en la que los desechos orgánicos fluyen y sobrecargan del 40 % al 85 % del total de RSU generados. Esto es lo opuesto en los países de altos ingresos, donde el estilo de vida favorece la cocina casera y se basa principalmente en la comida preparada y empacada. Por lo tanto, la fracción principal de sus RSU son los materiales inorgánicos como papel, plástico, vidrio y metal (UNDESA, 2014). Diferencias recientes en la composición porcentual de RSM entre países de altos ingresos (desarrollados y algunos en desarrollo), países de ingresos medios (la mayoría en desarrollo) y países de bajos ingresos (países menos desarrollados), donde los desechos orgánicos comprenden la mayoría de los RSM aparte del papel, metal, otros desechos, plástico y vidrio (Boudh & Singh, 2017; Singh & Seneviratne, 2017a, b). Los desechos orgánicos representan una fracción mayor en el caso de la región de Asia oriental y el Pacífico en comparación con los países de la OCDE, que tienen el 27 % de desechos como mínimo. Sin embargo, en el caso de los países de la OCDE, la cantidad de papel, vidrio y metales es la más alta en los RSU (32 %, 7 % y 6 %, respectivamente) pero la más baja en el caso de la región del sur de Asia (4 %, 1 % y 1 %, respectivamente) (Daniel et al., 2013). En India, se descubrió que la fracción orgánica representaba entre el 40 % y el 60 % de los RSU (Beevi et al., 2015) y el porcentaje de desechos reciclables era del 15 % al 25 % de los RSU. Sin embargo, el porcentaje real de materiales reciclables descartados, se desconoce porque la recolección informal de desechos, generalmente, no se considera.

Biorrefinería puede indicar el uso de desechos para obtener bioenergía, biocombustibles, materiales y bioproductos (por ejemplo, ácidos fenólicos, aminoácidos, aceites y alcaloides). Aunque la bioenergía no se valoriza demasiado que los bioproductos, la gran cantidad producida favorece la implementación de tecnologías para generar energía a partir de residuos.

### ***Desechos de alimentos***

El desecho de alimentos, según lo definido por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) y ampliamente aceptado, se refiere a la pérdida de alimentos que tiene lugar hacia el final de la cadena alimentaria asociada con los comportamientos de los consumidores y minoristas (Parfitt et al., 2010). El desperdicio de alimentos representa una amenaza importante para la economía mundial, por no existir un plan claro para separarlo del desperdicio convencional. Además, la recolección

inadecuada de desperdicio de alimentos empeora las cosas, debido a que estos enfoques a menudo conducen a la emisión incontrolada de GEI por digestión anaeróbica. El desperdicio de alimentos tiene un impacto catastrófico para la sociedad. La cantidad de desperdicio de alimentos está aumentando rápidamente debido al alto crecimiento de la población mundial, particularmente en los países asiáticos. La cantidad anual de residuos urbanos de alimentos generados en los países asiáticos aumentará de 278 a 416 millones de toneladas entre los años 2005 y 2025. El estudio más reciente realizado por Economist Intelligence Unit empleó un índice de sostenibilidad alimentaria (FSI) para clasificar a 34 países seleccionados entre los de ingresos bajos a altos (Sostenibilidad alimentaria y nutricional). El FSI se basa en componentes de pérdida y desperdicio de alimentos (FLW) que evalúan la sostenibilidad de los alimentos y la calidad de las políticas de los países hacia FLW.

Según los informes de FSI 2017, Australia es el mayor productor de desperdicio de alimentos per cápita (361 kg) seguido de los Estados Unidos (287 kg) y Suecia (200 kg). Grecia y China son los productores más bajos de desechos per cápita (44 kg) e India y Rusia ocupan el tercer y cuarto lugar con 51 y 56 kg, respectivamente.

Según el informe FSI 2018, el máximo desperdicio de alimentos se genera en América del Norte, seguido de la región de Asia Oriental y el Pacífico, mientras que es el mínimo en Oriente Medio y África del Norte (MENA). En otro informe del Consejo de Defensa de Recursos Naturales, Inc., el 40 % de los alimentos no se comen en los Estados Unidos, mientras que en Asia, India y China pierden 1300 millones de toneladas de alimentos por desperdicio cada año (Business Economics).

### **Composición del material lignocelulósico**

Se generan grandes cantidades de materiales lignocelulósicos como subproductos de desecho de las prácticas agrícolas y forestales, la producción de pulpa y papel, las operaciones madereras y muchos procesos agrícolas (Pérez et al., 2002). Grandes cantidades de residuos de biomasa lignocelulósica pueden potencialmente convertirse en una gran variedad de productos de valor agregado, incluidos químicos, biocombustibles, compuestos poliméricos, productos de pulpa y papel, alimentos para animales, textiles y productos agrícolas (Iqbal, Kyazze & Keshavarz, 2012).

El material lignocelulósico consiste principalmente en tres tipos diferentes de polímeros, a saber, celulosa, hemicelulosa y lignina, que están asociados entre sí (Fengel & Wegener, 1984).

La lignocelulosa es una clase de biomasa que comprende tres componentes principales: celulosa, hemi-

celulosa y lignina. Una biomasa lignocelulósica típica consta de 50 % de celulosa, 25 % de hemicelulosa, 20 % de lignina y 5 % de otros componentes menores (Guo et al., 2012).

### **Celulosa**

Existe celulosa de subunidades D-glucosa, unidas por enlaces glucosídicos  $\beta$ -1,4 (Fengel & Wegener, 1984). La celulosa en una planta consiste en partes con una estructura cristalina (organizada) y partes con una estructura amorfa, no bien organizada. Las cepas de celulosa se agrupan y forman las llamadas fibrillas de celulosa o haces de celulosa. Estas fibrillas de celulosa son en su mayoría independientes y se unen débilmente a través de enlaces de hidrógeno (Laureano-Perez et al., 2005).

La celulosa es un polímero insoluble en agua compuesto de glucosa unida por enlaces  $\beta$ -1,4-glicosídicos. La celulosa forma estructuras cristalinas robustas debido a los enlaces de hidrógeno inter e intramoleculares. La naturaleza de los enlaces  $\beta$ -1,4-glicosídicos entre las moléculas de glucosa permite que el polímero se organice en largas cadenas rectas. Esta disposición, junto con la distribución uniforme de los hidróxidos a ambos lados de los monómeros, permite que se formen enlaces de hidrógeno entre las moléculas de celulosa, lo que a su vez da como resultado un compuesto formado por varias cadenas paralelas unidas entre sí (Faulon, Carlson & Hatcher, 1994). La celulosa es insoluble en agua, pero absorbe entre el 8 % y el 14 % del agua en condiciones atmosféricas normales (Harmsen et al., 2010; Guo et al., 2012). Si bien su estructura proporciona estabilidad tanto mecánica como química, la celulosa está además protegida de la degradación por su proximidad a una vaina de polímeros de matriz que incluyen lignina y hemicelulosas.

### **Hemicelulosa**

La hemicelulosa es una estructura compleja de carbohidratos que consta de diferentes polímeros como pentosas (xilosa y arabinosa), hexosas (manosa, glucosa y galactosa) y ácidos de azúcar. El componente dominante de la hemicelulosa de la madera dura y las plantas agrícolas, como los pastos y la paja, es el xilano, mientras que este es el glucomanano para la madera blanda (Fengel & Wegener, 1984; Saha, 2003).

La hemicelulosa tiene un peso molecular más bajo que la celulosa, y ramas con cadenas laterales cortas que consisten en diferentes azúcares, que son polímeros fácilmente hidrolizables (Fengel y Wegener, 1984). La hemicelulosa sirve como una conexión entre la lignina y las fibras de celulosa y le da a toda la red de celulosa-hemicelulosa-perder-lignina más rigidez (Laureano-Perez et al., 2005). La solubilidad

de los diferentes compuestos de hemicelulosa es en orden descendente: manosa, xilosa, glucosa, arabinosa y galactosa. La solubilidad aumenta con el aumento de la temperatura. No se pudo predecir la solubilidad de los polímeros de mayor peso molecular debido a los puntos de fusión desconocidos (Gray et al., 2003). La solubilización de los compuestos de hemicelulosa en el agua comienza alrededor de 180 °C en condiciones neutras según Bobleter (1994); sin embargo, Garrote et al. (1999) mencionan que ya a partir de 150 °C, partes de la hemicelulosa se solubilizan. La solubilización de los componentes de la lignocelulosa no solo depende de la temperatura, sino también de otros aspectos, como el contenido de humedad y el pH (Fengel & Wegener, 1984).

El xilano de hemicelulosa se puede extraer bastante bien en un ambiente ácido o alcalino, mientras que el glucomanano apenas se puede extraer en un ambiente ácido y necesita un ambiente alcalino más fuerte que el xilano para ser extraído (Balaban & Ucar, 1999; Fengel & Wegener, 1984; Lawther et al., 1996b). Xylan parece ser la parte que se puede extraer más fácilmente. De la celulosa, la hemicelulosa y la lignina, las hemicelulosas son las más sensibles química y térmicamente (Levan et al., 1990; Winandy, 1995). Durante el pretratamiento térmico-químico, en primer lugar, reaccionan los grupos laterales de hemicelulosa, seguidos del esqueleto de hemicelulosa (Sweet & Winandy, 1999).

La hemicelulosa es un heteropolisacárido bidimensional compuesto por pentosas y hexosas con conexiones laterales ramificadas cortas (Guo et al., 2012; Liu, 2010). La hemicelulosa contiene diferentes monómeros de azúcar, como xilosa, manosa, galactosa, glucosa, ramnosa y arabinosa. La xilosa es el monómero de azúcar predominante que se encuentra en la hemicelulosa. El xilano se ha descrito como el tipo más común de polímeros pertenecientes a la familia de polisacáridos de la hemicelulosa (Harmsen et al., 2010). La hemicelulosa también contiene grupos acetilo unidos a la cadena del polímero. La composición y estructura de la hemicelulosa varían según la fuente y el método utilizado para la extracción. En relación con la celulosa, las hemicelulosas tienen pesos moleculares más bajos y un grado de polimerización más bajo, por lo que se descomponen más fácilmente y son solubles en soluciones alcalinas.

### **Lignina**

La lignina es, después de la celulosa y la hemicelulosa, uno de los polímeros más abundantes en la naturaleza y está presente en la pared celular. Es un heteropolímero amorfo que consta de tres unidades diferentes de fenilpropano (p-coumaryl, coniferyl y sinapyl alcohol) que se mantienen unidos por diferentes tipos de enlaces. El objetivo principal de la

lignina es proporcionar a la planta soporte estructural, impermeabilidad y resistencia contra el ataque microbiano y el estrés oxidativo. El heteropolímero amorfo también es no soluble en agua y ópticamente inactivo; todo esto hace que la degradación de la lignina sea muy dura (Fengel y Wegener, 1984). La lignina, al igual que la hemicelulosa, normalmente comienza a disolverse en agua alrededor de 180 °C en condiciones neutras (Bobleter, 1994). Sin embargo, la solubilidad de la lignina en ambientes ácidos, neutros o alcalinos depende del precursor (p-cumarilo, coniferilo, alcohol sinapílico o combinaciones de ellos) de la lignina (Grabber, 2005).

La lignina es un polímero tridimensional amorfo que tiene unidades de fenilpropano como bloques de construcción principales. Las unidades de fenilpropano forman una estructura aromática compleja y reticulada (Harmsen et al., 2010; Guo et al., 2012). Las unidades fenilpropanoides son principalmente alcoholes fenilpropileno metoxilados conectados por varios tipos de enlaces que incluyen enlaces carbonoxicarbonos o éter ( $\beta$ -0-4 y  $\alpha$ -0-4) y carbonocarbonos (CC), siendo los enlaces interunitarios  $\beta$ -0-4 el más abundante en lignina (Guo et al., 2012; Liu, 2010). Los alcoholes que se encuentran con mayor frecuencia en la lignina son el alcohol p-cumarílico, el alcohol de coniferilo y el alcohol sinapílico (Harmsen et al., 2010). La lignina es insoluble en agua y tiene un peso molecular elevado. Tiene un contenido energético más alto que la celulosa o las hemicelulosas y contiene grupos altamente reactivos (Varanasi, 2013). La estructura de anillo aromático de la lignina proporciona fuentes funcionales distintivas cuando se despolimeriza (Liu, 2010). La lignina está unida químicamente a la celulosa y la hemicelulosa en su estado original, donde funciona como un material de refuerzo al ayudar a resistir las fuerzas de compresión (Bjerre & Schmidt, 1997).

### **Valorización de desechos de alimentos**

Como consecuencia del procesamiento de materias primas, la producción de residuos (específicos del producto o no del producto) es un resultado inevitable, así como los productos finales deseados. Cuando se discute la industria alimentaria, la variedad de desechos tales como desechos de frutas y verduras, desechos de procesamiento de carne y pescado, desechos acuosos como suero, aguas residuales de la industria, etc. pueden evaluarse como una ventaja o desventaja de acuerdo con los objetivos. La gestión de residuos es un problema inevitable para la mayoría de las industrias en términos del mundo actual que tiene que proteger el medio ambiente y la sostenibilidad de la producción simultáneamente. Los responsables políticos no pueden ignorar la considerable contribución de la industria alimentaria al cambio climático, que es un problema muy grave para toda la humanidad.

Las emisiones de GEI de la cadena de suministro de alimentos se producen durante todas las etapas de la producción y el consumo de alimentos. Además, para los países desarrollados, la cadena de suministro de alimentos contribuye entre el 15 % y el 28 % a las emisiones nacionales generales, mientras que el 31 % del impacto total de GEI para la UE-25 aumenta a partir de los alimentos según un análisis para Europa (Garnett, 2011). Para la industria alimentaria, todos los participantes deben tener en cuenta esta responsabilidad inevitable durante la cadena de suministro de alimentos. En los últimos años, esta preocupación se convirtió en una importante fuerza impulsora para reducir el volumen de desperdicio de alimentos, así como evaluarlo como materia prima renovable para la producción de energía y productos químicos. Excepto los subproductos derivados de animales, el desperdicio de alimentos implica una cantidad considerable de material lignocelulósico que hace posible su uso para los biocombustibles. Además, varias técnicas de procesamiento, especialmente la extracción, encuentran una gran escala de utilización para la producción de compuestos bioactivos, nutraceuticos y fitoquímicos como fuente renovable, no solo para la industria alimentaria, sino también para la industria farmacéutica y cosmética. Pero, las implementaciones necesarias deben ponerse en práctica después de una evaluación exhaustiva debido al carácter específico de los desechos de alimentos. Como resultado de una gran cantidad de material orgánico, el manejo de los desechos alimentarios debe enfocarse en ciertas dificultades, como el alto contenido de agua, la estabilidad biológica frágil, la oxidación, la actividad enzimática y similares (Russ & Meyer-Pittroff, 2004).

A lo largo de la literatura sobre gestión de residuos, actual o las prácticas tradicionales de valorización de residuos se conocen como vertederos, piensos, suministro de fertilizantes, compostaje, incineración y digestión anaeróbica (Lin et al., 2013). Si bien los vertederos y la incineración son las opciones menos deseables para los legisladores y las legislaciones actuales sobre gestión de residuos, la digestión anaeróbica es uno de los métodos de tratamiento de residuos que pueden utilizarse para la producción de calor, energía y también biofertilizantes de plantas y animales, desechos alimentarios derivados; además, el compostaje es una técnica ampliamente utilizada para el tratamiento de desechos municipales de restaurantes, comedores, cocinas, etc.

Aunque las estrategias básicas de valorización son generalmente aceptadas en todo el mundo y encuentran una amplia gama de aplicaciones en general, su capacidad de recuperación y su efectividad para crear valor a partir de los desechos siguen siendo bastante limitadas. El desperdicio de alimentos que se gene-

ra en grandes cantidades todos los días, la creciente necesidad de productos químicos, materiales y combustibles para ofrecer un futuro sostenible, y las preocupaciones ambientales que se fortalecen día a día en nuestra sociedad son los principales factores indicativos a tener en cuenta.

Prácticas para estrategias más avanzadas en los últimos años. Menos emisiones de gases de los vertederos, menos competencia por los combustibles, menos conflictos éticos en el caso del uso de cultivos no alimentarios, más suministro de alimentos, más conservación de los recursos naturales, más rutas de ahorro de costos para el excedente y más inversiones específicas para nuevas tecnologías son algunos de los beneficios que pueden surgir de una estrategia efectiva de gestión de residuos. Para ese propósito, las estrategias de conversión química, bioquímica y termoquímica, las tecnologías de extracción, fermentación y enzimas son las principales rutas seguidas por los investigadores y productores de alimentos. Además, el concepto de biorrefinería, como un enfoque de subdesarrollo en la gestión de residuos, ofrece oportunidades notables para valorizar la biomasa al convertirla en una amplia gama de productos químicos y combustibles.

La siguiente sección describe las estrategias de valorización básicas y avanzadas para un enfoque de gestión de residuos sostenible y eficiente para la industria alimentaria.

### **Biomasa**

La biomasa es el detrito o restos de material biológico vivo y recientemente muerto que puede usarse como combustible o para la producción industrial. La biomasa también se refiere a (i) cultivos energéticos que se cultivan específicamente para ser utilizados como combustible, como árboles de crecimiento rápido o hierba de cambio; (ii) residuos agrícolas y subproductos, como paja, fibra de caña de azúcar y cascotes de arroz, y; (iii) residuos de la silvicultura, la construcción y otras industrias de procesamiento de madera. La biomasa es una fuente de energía renovable a diferencia de otros recursos como el petróleo crudo, el gas natural, la arena de alquitrán, el carbón y el esquisto bituminoso que pueden agotarse con el tiempo y pueden tener hasta 50 años de uso a las tasas actuales de agotamiento de estos recursos (Speight & Islam, 2016). Los productos agrícolas específicamente cultivados para la producción de biocombustibles incluyen cultivos como el maíz, la soja, la colza, el trigo, la remolacha azucarera, la caña de azúcar, el aceite de palma y el aceite de jatropha, así como la madera.

El biocombustible se deriva de la biomasa y tiene el potencial de producir combustibles que son hidrocarburos por naturaleza o son más benignos para el medio ambiente que los combustibles a base de petróleo cru-

do; además, el etanol, un alcohol combustible basado en cultivos, agrega oxígeno a la gasolina, ayudando así a mejorar el rendimiento del vehículo y reducir la contaminación del aire. El biodiesel, una alternativa o aditivo al petróleo crudo diésel, es un recurso renovable no tóxico creado a partir de la soya u otros cultivos oleaginosos (Metzger, 2006; Speight, 2011c).

A diferencia de otras formas de energía renovable, los biocombustibles no reducen la cantidad de gases de efecto invernadero en la atmósfera. La combustión de biocombustibles produce dióxido de carbono y otros gases de efecto invernadero. A menudo se considera que el carbono en los biocombustibles se extrajo recientemente del dióxido de carbono atmosférico durante las reacciones de fotosíntesis que ocurren dentro de las plantas a medida que crecen. El potencial para que los biocombustibles se consideren neutros en carbono depende del carbono que se emite y se reutiliza por un mayor crecimiento de la planta. Claramente, sin embargo, la tala de árboles en bosques que han crecido durante cientos o miles de años para su uso como biocombustible sin el reemplazo de esta biomasa no tendría un efecto neutral en carbono. La producción de biocombustibles para reemplazar el petróleo y el gas natural como fuentes de derivados de hidrocarburos y combustibles de hidrocarburos está en desarrollo activo, centrándose en el uso de materia orgánica barata (generalmente celulosa, residuos agrícolas y de aguas residuales) en la producción eficiente de líquidos y gases biocombustibles que producen alta energía neta. Una ventaja del biocombustible sobre la mayoría de los otros tipos de combustible es que es biodegradable y, por lo tanto, relativamente inofensivo para el medio ambiente si se derrama.

El suministro de petróleo crudo, la materia prima básica para las refinerías y para la industria petroquímica, es limitado y su posición dominante se volverá insostenible a medida que los problemas de oferta/demanda erosionen su ventaja económica sobre otras materias primas alternativas. Esta situación se mitigará en cierta medida mediante la explotación de recursos fósiles más desafiantes técnicamente y la introducción de nuevas tecnologías para la producción de combustibles y productos químicos a partir del gas natural y el carbón.

Sin embargo, el uso de recursos fósiles a las tasas actuales tendrá consecuencias graves e irreversibles para el clima global. En consecuencia, existe un renovado interés en la utilización de materia vegetal, como materia prima para la industria química. Las plantas acumulan carbono de la atmósfera a través de la fotosíntesis y la utilización generalizada de estos materiales como insumos básicos para la generación de energía, combustibles y productos químicos es una ruta viable para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero.

Por lo tanto, las industrias de petróleo crudo y petroquímica se ven sometidas a una presión creciente no solo para competir eficazmente con los competidores mundiales utilizando materias primas de hidrocarburos más ventajosas, sino también, para garantizar que sus procesos y productos cumplan con una legislación medioambiental cada vez más estricta. La producción de productos químicos a partir de piensos renovables, basados en plantas que utilizan tecnologías de conversión de última generación, presenta una oportunidad para mantener una ventaja competitiva y contribuir al logro de los objetivos ambientales nacionales (Metzger, 2006). Las rutas de bioprocesamiento tienen una serie de ventajas convincentes sobre la producción petroquímica convencional; sin embargo, solo en la última década el rápido progreso en biotecnología ha facilitado la comercialización de una serie de procesos químicos basados en plantas. Es ampliamente reconocido que la producción significativa de productos químicos a base de plantas solo será económicamente viable en complejos de producción altamente integrados y eficientes que producen una amplia gama de productos químicos. Este concepto de biorrefinería es análogo a las refinerías de petróleo convencionales y los complejos petroquímicos que han evolucionado durante muchos años para maximizar las sinergias de procesos, la integración energética y la utilización de materias primas para reducir los costos de producción.

La reducción de la dependencia nacional de cualquier país del petróleo crudo importado es de importancia crítica para la seguridad a largo plazo y el crecimiento económico continuo. Complementar el consumo de petróleo crudo con recursos de biomasa renovables es un primer paso hacia este objetivo. La realineación de la industria química de una de refinación petroquímica a un concepto de biorrefinería es, con el tiempo, factible y se ha convertido en un objetivo nacional de muchos países importadores de petróleo. Sin embargo, son necesarios objetivos claramente definidos para aumentar el uso de piensos derivados de biomasa en la producción química industrial y es importante mantener el objetivo en perspectiva. En este contexto, el uso creciente de biocombustibles debe considerarse como una de una gama de posibles medidas para lograr la autosuficiencia energética, en lugar de una panacea (Crocker y Crofcheck, 2006).

No obstante, para muchos cultivos de alimentos básicos, un recurso económico potencialmente grande se está desperdiciando efectivamente; por ejemplo, la paja asociada con el cultivo de trigo a menudo vuelve a arar en el suelo, aunque solo se necesita una pequeña proporción para mantener el nivel de materia orgánica. Por lo tanto, un enorme recurso renovable no está siendo explotado de manera útil, ya que la

paja de trigo contiene una gama de productos químicos potencialmente útiles. Estos incluyen: (i) celulosa y compuestos relacionados que se pueden usar para la producción de papel y/o bioetanol; (ii) compuestos de sílice que se pueden usar como materiales de filtro como los necesarios para la purificación del agua, y; (iii) lípidos en cadena que pueden usarse en cosméticos o para otros productos químicos especiales.

La biomasa es un material derivado de las plantas (Wright et al., 2006) y hay muchos tipos de recursos de biomasa actualmente utilizados y potencialmente disponibles. Biomasa es un término utilizado para describir cualquier material de origen biológico reciente, incluidos materiales vegetales como árboles, pastos, cultivos agrícolas e incluso estiércol animal. Otros componentes de la biomasa, que generalmente están presentes en cantidades menores, incluyen triglicéridos, esteroides, alcaloides, resinas, terpenos, terpenoides y ceras. Esto incluye todo, desde fuentes primarias de cultivos y residuos cosechados/recolectados directamente de la tierra hasta fuentes secundarias, como residuos de aserraderos, hasta fuentes terciarias de residuos posteriores al consumo que a menudo terminan en vertederos. Una cuarta fuente, aunque no suele clasificarse como tal, incluye los gases que resultan de la digestión anaeróbica de animales o materiales orgánicos en los vertederos (Wright et al., 2006).

La biomasa lignocelulósica comprende principalmente celulosa, hemicelulosa y lignina. Las altas cantidades de azúcares presentes en las fracciones de celulosa y hemicelulosa se pueden hidrolizar y convertir en biocombustibles mediante un proceso de fermentación. Por el contrario, la estructura recalcitrante de la lignina es difícil de romper, y un paso de pretratamiento es esencial para mejorar su digestibilidad y aumentar la liberación de azúcares fermentables.

#### **Procesos de conversión de biomasa.**

El desarrollo de métodos para el uso de materiales de biomasa para producir energía se está expandiendo rápidamente. La mayoría de los países desarrollados tienen dificultades para ponerse al día debido a las siguientes razones:

- La tecnología está más allá de su mano de obra y también de sus capacidades tecnológicas y de fabricación.
- Los materiales y piezas locales no están disponibles para la producción de estas unidades de conversión.

Hay muchos factores que afectan la selección del proceso de conversión.

Es la forma en que se necesita la energía lo que determina la ruta del proceso, seguido de los tipos de biomasa disponibles y también las cantidades de biomasa.

Se pueden producir tres productos principales a partir de biomasa. Estos son combustibles de generación/calor y transporte y como sustrato para productos químicos. La conversión de biomasa en energía se realiza mediante el uso de las siguientes tecnologías. Cada tipo es adecuado para tipos específicos de biomasa y da como resultado productos energéticos específicos:

1. Conversión térmica: el calor se utiliza con o sin oxígeno para convertir la biomasa en energía. Estas tecnologías incluyen combustión directa, pirólisis y torrefacción.
2. Conversión termoquímica: el calor y los procesos químicos se utilizan en la producción de energía a partir de biomasa. La gasificación es un proceso importante.
3. Conversión bioquímica: las enzimas, las bacterias u otros microbios se utilizan para convertir la biomasa en combustibles líquidos. Incluye digestión anaerobia y fermentación.

Los factores que afectan la elección del proceso de conversión son:

- Tipo de biomasa.
- Cantidad de biomasa.
- Forma deseada de la energía, es decir, requisitos de uso final.
- Normas ambientales.
- Condiciones económicas.
- Factores específicos del proyecto.

La biomasa de cualquier tipo puede usarse como sustrato para la conversión termoquímica. Estos incluyen residuos forestales y agrícolas, subproductos no fermentables de biorefinerías, subproductos generados por la industria alimentaria y cualquier instalación de bioprosesamiento, y ciertos tipos de desechos orgánicos municipales. Se pueden producir diferentes tipos de combustibles y productos químicos a partir de gases del producto que se pueden usar para reemplazar los productos químicos a base de petróleo. Estos productos son más adecuados para las operaciones de refinación de petróleo. Los principales inconvenientes son el mayor costo asociado con la limpieza del gas producto del alquitrán y los contaminantes no deseados, como los compuestos alcalinos; ineficiencia debido a la necesidad de temperaturas elevadas; y el uso no probado de productos como combustibles de transporte (mdpi.com).

Las tecnologías de conversión termoquímica son diferentes de la incineración y combustión en muchos aspectos (Brown, 2007). El volumen de gases de salida de un reactor de pirólisis es mucho menor/tonelada de sustrato procesado en comparación con un proceso de incineración equivalente. Mientras que estos gases pueden finalmente quemarse, los procesos

alternativos proporcionan un paso intermedio donde puede llevarse a cabo la limpieza de gases. La incineración de quemaduras en masa está limitada por el uso de un dispositivo de control de la contaminación del aire en el escape totalmente quemado (Pande & Bhaskarwar, 2012).

Los gases de salida de los reactores de pirólisis generalmente se encuentran en un entorno reductor y pueden tratarse con diferentes métodos en comparación con un escape completamente quemado. Los medios reactivos para la gasificación y la pirólisis también pueden ser hidrógeno o vapor en comparación con el aire o el oxígeno para la incineración y la combustión (Pande & Bhaskarwar, 2012).

Los procesos de pirólisis y gasificación generan gases de síntesis intermedios. Contienen especies de menor peso molecular, como el gas natural, que son más limpias para la combustión en comparación con los residuos sólidos municipales sin procesar. No se utiliza muy poco aire/oxígeno en los procesos de pirólisis y gasificación (Pande y Bhaskarwar, 2012).

#### **Procesamiento bioquímico**

La conversión bioquímica de biomasa implica el uso de bacterias, microbios y enzimas para descomponer la biomasa en combustibles gaseosos o líquidos, como el biogás o el bioetanol (Cesaro & Belgiorno, 2015; Capareda, 2011). Los procesos de conversión bioquímica más populares son la digestión anaerobia (que también se conoce como biometanización) y la fermentación. En la digestión anaeróbica, el material orgánico se descompone a través de las vías metabólicas de los microbios naturales en una atmósfera deficiente en oxígeno. Los desechos de biomasa también se pueden usar para producir combustibles líquidos, como el etanol celulósico, que se puede usar para reemplazar los combustibles a base de petróleo.

Estos métodos comprenden el tratamiento enzimático de la materia orgánica a través de la acción microbiana, que resulta en la producción de gas metano o alcohol. Las conversiones bioquímicas son preferidas para los desechos que tienen un alto porcentaje de materia orgánica biodegradable junto con un alto contenido de humedad/agua, lo que respalda la actividad microbiana. La principal opción tecnológica en esta categoría es la digestión anaerobia (que ocurre en reactores o digestores controlados y también en un ambiente menos controlado en los vertederos), también conocida como biometanización (Fig. 14.3) y fermentación anaerobia (conversión de azúcares a partir de celulosa) al etanol (Thiruvengadathan, 2017). Los problemas están asociados con la conversión térmica de ciertos materiales en combustibles o energía, especialmente en relación con la perspectiva climática, aunque los niveles de recuperación de

energía potencialmente alta están asociados a estas tecnologías de conversión avanzadas (Kumar & Singh, 2017; Kumar et al., 2017, 2018a, b; Boudh & Singh, 2019). Aparte de esto, un problema está relacionado con la conversión térmica de RSU que tiene una alta fracción de corriente húmeda (como en India) y, por tanto, ineficiente para la recuperación de energía. Tales problemas pueden superarse mediante la utilización del método de digestión anaeróbica. Teniendo en cuenta la digestión anaeróbica, es una tecnología de conversión mucho más madura. Solo en Europa, miles de digestores comerciales están operando actualmente, con Alemania y Dinamarca a la vanguardia en tecnología (Thiruvengadathan, 2017).

El método de digestión anaeróbica emplea bacterias especializadas para la conversión de desechos orgánicos en diversos productos, a saber, biogás, una mezcla de dióxido de carbono con metano y un semi-sólido estable (digestato).

#### **Fermentación**

La fermentación se utiliza a escala comercial para producir etanol a partir de diferentes tipos de materias primas (Lin & Tanaka, 2006). Los cultivos de azúcar, los cultivos de almidón y la biomasa lignocelulósica se utilizan como materias primas. La biomasa se tritura y el almidón se convierte en azúcares, con la ayuda de enzimas; Los azúcares se convierten en etanol con levadura. El etanol se purifica mediante el proceso de destilación. Este paso es intensivo en energía, con aproximadamente 450 l de etanol producidos por tonelada de maíz seco. El residuo sólido del proceso de fermentación se puede usar como alimento para animales. En el caso de la caña de azúcar, el bagazo puede usarse como combustible para calderas o para gasificación posterior (Demirbas, 2009; McKendry, 2002). La conversión de la biomasa lignocelulósica es más difícil debido a la presencia de moléculas de polisacárido. Se necesita hidrólisis ácida o enzimática antes de que los azúcares resultantes se puedan convertir en etanol. Tales métodos de hidrólisis están actualmente en la etapa piloto. La producción bioquímica de etanol implica cuatro etapas: hidrólisis, fermentación, destilación y deshidratación (Bajpai, 2013; Scott et al., 2013). La biodegradación de la biomasa comienza durante la hidrólisis de compuestos complejos en compuestos simples, que están fácilmente disponibles para la etapa de fermentación. Esta vía natural, que depende tanto de las condiciones de operación como de la materia prima, es realizada por microbios que fermentan azúcares en etanol, ácido láctico u otros productos finales.

El bioetanol obtenido de un proceso de fermentación necesita un tratamiento adicional. La destilación fraccionada se realiza para separar el etanol del agua en función de sus diferentes volatilidades. Como el punto

de ebullición del agua (100 °C) es mayor que el del etanol (78.3 °C), la mezcla de etanol-agua se hierve para que el etanol se convierta en vapor antes que el agua. Luego, el agua puede separarse mediante un proceso de condensación y el destilado de etanol se recaptura a una concentración del 95 % (Limayem & Ricke, 2012).

Por consiguiente, el éxito del proceso requiere la combinación de las opciones más adecuadas en cada paso (Saxena et al., 2009). Como proceso biológico, la fermentación de bioetanol depende de muchos factores. Estos incluyen pH, oxígeno y temperatura, que afectan sustancialmente la tasa específica de crecimiento. La tasa de fermentación específica, la tasa de absorción de azúcar y la viabilidad de las poblaciones celulares están directamente relacionadas con la condición media deseada (Lin et al., 2012). De manera similar, tanto la configuración del proceso como la cepa de levadura afectan en gran medida los rendimientos de fermentación (De Souza et al., 2012; Dragone et al., 2004; Wang et al., 2014a; Alkasrawi et al., 2013) y también el sustrato. características.

### **Biocombustibles**

El biocombustible se puede producir a partir de una variedad de materias primas, como aceites vegetales, remolacha azucarera, cereales, desechos orgánicos y el procesamiento de biomasa. De ellos, el más prometedor es la biomasa lignocelulósica (por ejemplo, madera, paja y pastos). La bioconversión de paja en bioetanol representa una alternativa atractiva en comparación con la producción convencional de etanol combustible a partir de cereales (Neelakandan & Usharani, 2009). La paja de trigo es un sustrato prometedor porque es la materia prima de biomasa más grande de Europa y la segunda más grande del mundo después de la paja de arroz. La paja de trigo tiene un gran potencial como materia prima en el futuro (Ortiz et al., 2008). Sin embargo, la lignocelulosa generalmente lleva la estructura de la biomasa vegetal y es un sustrato difícil de degradar. Por ello, los pretratamientos termoquímicos y enzimáticos son necesarios para la degradación de la lignocelulosa para que los monómeros estén disponibles para su procesamiento posterior. La etapa de hidrólisis es necesaria para la conversión de biomasa en azúcares monómeros para su posterior fermentación en bioetanol (Van Dyk & Pletschke, 2012). La hidrólisis puede ser ácida o enzimática.

Sin embargo, es muy difícil despolimerizar los materiales lignocelulósicos debido a la presencia de lignina compleja y hemicelulosa sobre la celulosa. Se emplean diferentes métodos de pretratamiento químico para aumentar la accesibilidad de la celulosa (Girio et al., 2010). De modo que, la producción de azúcares fermentables a partir de biomasa lignocelulósica tiende a ser compleja e intensiva en capital, con también preocupaciones medioambientales inherentes.

El bioetanol es el biocombustible más utilizado para el transporte en todo el mundo.

El etanol también llamado alcohol etílico es un alcohol de cadena lineal. Se utiliza en la gasolina durante varios años y miles de millones de millas se han utilizado con combustibles mezclados con etanol. Es un combustible de combustión más limpia con mayor octanaje. La Agencia de Protección Ambiental (EPA) de los Estados Unidos aprobó recientemente planes para mezclar etanol en niveles del 15 % en el suministro de combustible del país. El etanol ofrece muchos beneficios a los automóviles, al medio ambiente, la economía y la seguridad nacional. El etanol agrega oxígeno a la gasolina. Combustiona más completamente y reduce el nivel de emisiones tóxicas de escape. Reduce el peligro y la dependencia del país del petróleo importado. La industria del etanol genera empleos e inversiones en todo el país, especialmente en las zonas rurales. El etanol aumenta el suministro de combustible y ayuda a mantener bajos los precios del gas.

La fórmula molecular del etanol es  $C_2H_5OH$  y su fórmula empírica es  $C_2H_6O$ . También se escribe como  $CH_3-CH_2-OH$ , que muestra que el carbono de un grupo metilo ( $CH_3$ -) está unido al carbono de un grupo metileno ( $-CH_2$ -), que está unido al oxígeno de un grupo hidroxilo ( $-OH$ ).

El etanol es un isómero constitucional del dimetiléter y a menudo se abrevia como EtOH.

El etanol es un líquido incoloro y es volátil e inflamable. Se conoce común o simplemente como alcohol. Es una droga psicoactiva y una de las drogas recreativas más antiguas. Se encuentra en bebidas alcohólicas y termómetros.

El bioetanol se puede producir a partir de la fermentación de diferentes tipos de biomasa (Bajpai, 2013; Walker, 2010; Hamelinck et al., 2003).

Se clasifican en términos generales como materiales de primera generación, incluidos almidón y azúcar (remolacha azucarera, sorgo dulce, caña de azúcar, maíz, trigo, cebada, centeno, sorgo, triticale, yuca, papa) y materiales de segunda generación (alimentación lignocelulósica). Estos incluyen residuos agrícolas (rastros de maíz, pajuelas de cultivo y bagazo), cultivos herbáceos (alfalfa, hierba de cambio), cultivos leñosos de rotación corta, residuos forestales, residuos de papel y otros desechos (municipales e industriales). La producción de bioetanol a partir de estos materiales podría ser una opción atractiva para la eliminación de estos residuos. Es importante destacar que la materia prima lignocelulósica no interfiere con la seguridad alimentaria ([www.bioenergyconsult.com](http://www.bioenergyconsult.com)).

Actualmente, los materiales de primera generación se utilizan principalmente (Fujimoto et al.,

2011), pero los materiales lignocelulósicos están atrayendo interés. Estos son abundantemente disponibles y de bajo costo (Lynd, 2006; Haghghi Mood et al., 2013; Bajpai, 2013; Cesaro & Belgiorno, 2015; Sánchez & Cardona (2008). El uso de cultivos alimentarios para producir bioetanol de primera generación, ha sido muy criticado como una tecnología inviable porque causa problemas tanto de competencia con las fuentes de alimentos como de interrupción en la relación alimentos/población (Tan & Lee, 2014). Estas preocupaciones han impulsado el desarrollo de bioetanol de segunda generación, que es obtenido a partir de materiales lignocelulósicos. En los últimos años, el bioetanol de tercera generación a partir de microalgas y macroalgas también ha generado un interés sustancial (Doan et al., 2012). El tipo de sustrato afecta el proceso de producción de bioetanol. la melaza y el jugo de caña de azúcar, procesos como la molienda, el pretratamiento, la hidrólisis y la desintoxicación no son necesarios. Por el contrario, la mayoría del sustrato a base de almidón y la lignocelulosa necesitan algún tipo de pretratamiento para ser utilizado para la producción de azúcares (Vohra et al., 2014).

Los sustratos lignocelulósicos están compuestos de tres materiales (Carrier et al., 2011):

- Celulosa, un polímero a base de azúcar.
- Hemicelulosas, polisacáridos amorfos que contienen diferentes tipos de azúcares, más pequeños que los de la celulosa.
- La lignina consiste en unidades de fenilpropano y es un polímero aromático complejo.

**Tabla 1**

*Principales recursos para la producción de bioetanol*

Material
Materiales azucarados
Caña de azúcar Remolacha
Sorgo dulce Suero de queso
Frutas (excedentes)
Desechos industriales de confitería
Materiales con almidón
Granos (maíz, trigo, triticale)
Cultivos de raíz (papa, yuca, achicoria, alcachofa) Inulina (polifrufructano)
Materiales celulósicos
Madera
Residuos agrícolas (popotes, estufa)
Residuos sólidos urbanos
Desechos de papel, pulpa de papel

### Procesos de pretratamiento

El pretratamiento es un paso importante en la conversión de biomasa lignocelulósica en azúcares fermentables y biocombustibles. Los procesos de pretratamiento son necesarios para abrir eficientemente la estructura sólida de celulosa cristalina, solubilizar las hemicelulosas y degradar la lignina sin generar subproductos que puedan ser perjudiciales para los procesos posteriores como la fermentación (Guo et al., 2012; Banerjee, 2009). El pretratamiento cambia la estructura cristalina de la lignocelulosa al eliminar la lignina y solubilizar la hemicelulosa en pentosas y hexosas (Harmsen et al., 2010; Guo et al., 2012; Banerjee, 2009).

Los diversos procesos de pretratamiento utilizados para superar la recalcitrancia de la biomasa se pueden clasificar en pretratamientos físicos (mecánicos), químicos, químicos y mecánicos combinados y biológicos. La elección del proceso de pretratamiento óptimo depende principalmente del objetivo del pretratamiento de la biomasa, la economía y el impacto ambiental (Harmsen et al., 2010).

El pretratamiento es la estrategia fundamental para reducir la naturaleza de recalcitrancia del material lignocelulósico para facilitar la acción enzimática sobre los polisacáridos de las plantas. El objetivo principal del pretratamiento es solubilizar y separar uno o más de los componentes estructurales, a saber, hemicelulosa, lignina y celulosa de la biomasa. Por eso, el proceso aumenta la porosidad del sustrato con la redistribución de lignina y permite la exposición máxima de las enzimas de sacarificación a las superficies de celulosa y hemicelulosa para lograr una hidrólisis mejorada con un consumo mínimo de energía (Zhu & Pan, 2010). En las últimas décadas, se han desarrollado varios enfoques como procesos de pretratamiento económicos y más útiles para la biomasa lignocelulósica. Los procesos de pretratamiento se clasifican ampliamente en cuatro grupos diferentes, a saber, (a) pretratamiento físico; (b) pretratamiento químico; (c) pretratamiento fisicoquímico y; (d) pretratamiento biológico.

En el pretratamiento físico, la conminución mecánica se considera la técnica más común donde, a través de la combinación de astillado, molienda y molienda, los materiales lignocelulósicos pueden triturarse de 10 a 30 mm a 0.2 a 2 mm (Kumar et al. 2009, Balat 2011 ) Los métodos de fresado, específicamente el fresado de bolas, el fresado de dos rodillos, el fresado de martillos, el fresado coloidal y el fresado de energía vibratoria, pueden desempeñar un papel importante en la reducción del tamaño de partícula y el grado de cristalinidad (Taherzadeh y Karimi 2008) y mejorar la digestibilidad (Kumar et al.2009) de biomasa lignocelulósica. El consumo de energía en la conminución

mecánica depende totalmente del tipo de material utilizado durante el proceso y del tamaño de partícula requerido después del pretratamiento. Balat (2011) informó claramente que el consumo de energía para reducir el tamaño de partícula de 1.6 mm para el material de madera dura fue de 130 kWh/tonelada, y fue de 14 kWh/tonelada para la misma reducción del tamaño de partícula de la estufa de maíz. Se informó que el consumo específico de energía redujo el tamaño de partícula del material de paja de trigo a 0.8 y 3.2 mm a través del molino de martillos, que fueron 51.6 y 11.4 kWh/tonelada (Talebna et al. 2010). La pirólisis es otro proceso de pretratamiento físico endotérmico, que es bien conocido por su menor consumo de energía (Sarkar et al. 2012). En este método, el material celulósico se descompone rápidamente en productos gaseosos como H<sub>2</sub>, CO y carbón residual a través de la exposición a temperaturas superiores a 300 °C. El carbón residual se procesa adicionalmente mediante lixiviación para obtener suficientes fuentes de carbono, como glucosa, para soportar el crecimiento microbiano (Sarkar et al. 2012). Leustean (2009) señaló claramente que el pretratamiento de pirólisis fue efectivo para lograr una mejor conversión del material celulósico del material molido a glucosa. La irradiación por microondas y por haz de electrones también son enfoques de pretratamiento físico factibles que son fáciles de operar (Bjerre et al. 2000). El pretratamiento con microondas utiliza una alta eficiencia de calentamiento de un horno de microondas, mientras que la irradiación con haz de electrones está alineada con el campo magnético que cambia continuamente (Sarkar et al. 2012).

La irradiación básicamente ayuda en otros procesos de pretratamiento, ya que no puede separar la hemicelulosa o la lignina directamente de los materiales lignocelulósicos (Sun et al. 2016). Duarte et al. (2012) destacaron que el haz de electrones o los rayos  $\gamma$  combinados con la trituración mecánica pueden mejorar aún más el proceso de sacarificación enzimática de la biomasa lignocelulósica. Las radiaciones de alta energía de los rayos  $\gamma$  con un poder de penetración más profundo logran mejorar la digestibilidad de las enzimas (Jahnavi et al. 2017). El alto requerimiento de energía y la naturaleza costosa de tales tratamientos dificulta su aplicabilidad en entornos industriales (Tahezadeh y Karimi 2008).

El pretratamiento alcalino es considerado como el más complejo. Monly utiliza un método de pretratamiento químico para digerir la matriz de lignina y hacer que la celulosa y la hemicelulosa estén disponibles para la degradación enzimática. Se han implementado una variedad de reactivos alcalinos tales como hidróxido de sodio (NaOH), Ca(OH)<sub>2</sub>, KOH, Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> y amoníaco acuoso para diferentes materia-

les lignocelulósicos y, entre ellos, NaOH, Ca(OH)<sub>2</sub> se usa generalmente en la mayoría de los casos (Sun et al. 2016). La pared celular de los materiales lignocelulósicos normalmente se rompe al solubilizar hemicelulosas, lignina y sílice, y la cristalinidad de la celulosa finalmente se reduce debido a la inflamación (Sarkar et al. 2012). Ayuda a que los sustratos se fraccionen en lignina soluble en álcali, hemicelulosas y residuos. Las ventajas del pretratamiento alcalino incluyen condiciones ambientales de operación y la utilización de temperaturas y presiones más bajas que otros procedimientos de tratamiento (Mosier et al. 2005, Balat 2011). Cai & Zhang (2005) señalaron la eficacia de las soluciones alcalinas de NaOH/urea para disolver, hinchar y fragmentar el material de celulosa a baja temperatura (aproximadamente -15 °C).

Sun et al. (2016) sugirieron que la baja temperatura en el tratamiento con NaOH conduce a una alta accesibilidad del material lignocelulósico en las etapas de sacarificación al aumentar la hinchazón de ese material. Kumar et al. Demostraron la efectividad del NaOH para aumentar la digestibilidad del material de madera dura del 14 % al 55 % y la reducción del contenido de lignina hasta el 55 %. (2009) Sun et al. (1995) evaluaron la concentración de NaOH más efectiva de 1.5 % para la separación de 60 % de lignina y 80 % de hemicelulosa del material de paja de trigo cuando el material se trató a 20 °C durante 144 h. El pretratamiento con NaOH fue lo suficientemente efectivo como para retener el contenido de lignina incluso a menos del 26 % para madera dura, paja de trigo, hierba de cambio y materiales de madera blanda (Zhao et al. 2008). Silverstein et al. (2007) informaron de manera similar, que menos del 65 % de reducción de lignina del material de tallo de algodón. Cuando el material se trató con NaOH al 2 % durante 90 minutos a 121 °C y 15 psi.

Ashgar et al. (2016), Chaudhary et al. (2012) y Kataria & Ghosh (2014) demostraron la utilización del pretratamiento con NaOH y su combinación con otros procesos de pretratamiento para reducir la lignina y aumentar la accesibilidad de la celulosa del material de hierba de kans. Kataria & Ghosh (2014) informaron la pérdida máxima de sólidos, incluida la lignina, del 47,5 %, mientras que Ashgar et al. (2016) informaron que la eliminación total de la lignina del 40 % y el 74 %. y Chaudhary et al. (2012), respectivamente, durante el pretratamiento con NaOH. El pretratamiento con amoníaco también se considera un tratamiento alcalino no corrosivo y no tóxico (Kim et al. 2016). En comparación con el pretratamiento con NaOH, el tratamiento con cal (Ca(OH)<sub>2</sub>) es otro método eficiente que conduce a aumentar el índice de cristalinidad con la eliminación de lignina que implica un menor costo, menos requisitos de seguridad

y mejores beneficios ambientales (Alvira et al. 2010; Balat 2011). Kim & Holtzapple (2005) informaron que la eliminación de 43.6 % - 48.4 % de lignina original era posible del material lignocelulósico a base de rastrojo de maíz por pretratamiento no oxidativo con cal, mientras que la eliminación de lignina fue 57.8 % - 87.5 % del pretratamiento de cal oxidativa a los 25 °C - 55 °C durante 16 semanas. Entre todos los otros pretratamientos químicos, el tratamiento ácido previo se considera efectivo para lograr directamente un alto rendimiento de azúcares a partir de materiales lignocelulósicos. Incluso el pretratamiento ácido también se aplica para solubilizar hemicelulosas fraccionadas a partir de material lignocelulósico; por ello, se ha usado preferiblemente en el proceso de fraccionamiento de componentes de biomasa lignocelulósica (Sun et al. 2016). Los ácidos que se estudian en tales propósitos son ácido clorhídrico (HCl), ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), ácido fosfórico (H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>) y ácido nítrico (HNO<sub>3</sub>) (Menon & Rao 2012).

Las condiciones de operación que se siguen para los tratamientos con ácido son: (a) alta temperatura y baja concentración de ácido y; (b) baja temperatura y alta concentración de ácido. Para una gran variedad de biomasa, tales como hierba de cambio, rastrojo de maíz, abeto, álamo, hierba de kans, fibra de coco y paja de arroz/trigo, el H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> se ha implementado comúnmente en condiciones diluidas (Zhu et al. 2008; Wyman et al. 2009, Digman et al. 2010). Sin embargo, el mayor inconveniente del tratamiento con ácido es la producción de varios inhibidores del crecimiento microbiano, como el ácido acético, el furfural y el 5-hidroximetalfurfural, que deben desintoxicarse antes de la fermentación. En general, se puede lograr una mayor recuperación de xilosa y una digestibilidad enzimática mejorada con una temperatura de pretratamiento más alta y un tiempo de residencia corto. La concentración diluida de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> de (0.2 - 2 %) y una temperatura más alta (121 - 372 °C) se implementaron en todos los estudios existentes en el mismo campo de investigación, por facilitar las funciones más importantes, como la hidrólisis de la hemicelulosa, la exposición de la celulosa a la digestión y solubilización de metales pesados (Balat, 2011). Hernández & Cols (2013) demostraron la recuperación máxima de celulosa hasta el 87 % y xilano hasta el 50,2 % de las vainas vacías de *Moringa oleifera* en el tratamiento con H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> diluido. Saha et al. (2005) lograron un rendimiento del 74 % en el proceso de sacarificación del material de paja de trigo cuando se trató con un volumen de 0,75 % (v/v) de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> a 121 °C durante 1 h. La utilización del catalizador ácido sólido en el proceso de pretratamiento es otra técnica emergente que conduce a una mejor eficiencia de sacarificación. En un estudio de sacarificación de material celulósico de macroalgas (Tan & Lee, 2015), el rendimiento óp-

timo de glucosa mejoró al 99.8 % a través de la técnica de pretratamiento con ácido sucio [10 % (p/v) de carga de biomasa, 4 % (p/v) de carga de catalizador, 30 min, 120 °C] seguido de hidrólisis enzimática. En otra observación experimental, Qi et al. (2018) desarrollaron un catalizador ácido sólido (C-SO<sub>3</sub>H) a base de carbono mediante la técnica de carbonización utilizando celulosa microcristalina y H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Dicho catalizador sólido mostró una alta actividad catalítica durante el pretratamiento del sustrato lignocelulósico a base de mazorca de maíz y el rendimiento inicial de recuperación de xilosa logró 78,1 %.

### **Pretratamiento químico**

Se ha estudiado una amplia gama de métodos de pretratamiento químico. Este capítulo proporciona una visión general de los principales métodos, como el pretratamiento de organosolv, ozonólisis, ácidos y álcalis en los que la biomasa se desestructura y fracciona mediante el uso de productos químicos.

Los pretratamientos químicos alteran la estructura de la biomasa mediante una reacción química. En tales procesos de pretratamiento, se utilizan productos químicos para eliminar o modificar los principales componentes químicos (hemicelulosa y lignina) que interfieren con la descomposición de la celulosa en monómeros de azúcar (Zhu & Pan, 2010).

Se informa ampliamente debido a su potencia para eliminar la lignina, los componentes ácidos fuertes o básicos y otros componentes tóxicos de la biomasa lignocelulósica. Se estudiaron diversas tecnologías de pretratamiento con base química, como el uso de ácido, álcali, peróxidos y ozono para convertir el sustrato lignocelulósico para producir etanol (Mosier et al., 2005). Los métodos de pretratamiento químico tienen ventajas y limitaciones basadas en su naturaleza química y sus efectos sobre la biomasa lignocelulósica. Torget et al. (1991) informaron que los residuos agrícolas como un productor eficaz de bioetanol cuando se trata con productos químicos orgánicos o inorgánicos, que eliminan eficazmente la hemicelulosa y la lignina de los sustratos celulósicos.

### **Pretratamiento ácido**

Los ácidos concentrados pueden holocalizar la holocelulosa en azúcares con altos rendimientos; sin embargo, este proceso requiere el uso de materiales especiales para la construcción del reactor y generalmente genera altas concentraciones de compuestos inhibidores, además, conlleva la recuperación de ácido; por el contrario, el pretratamiento con ácido diluido podría usarse para mejorar la solubilidad de la hemicelulosa y aumentar la digestibilidad enzimática de la celulosa. La sacarificación directa de la biomasa celulósica por ácido diluido estaba en funcionamiento en Alemania desde la década de 1940. En los últi-

mos años, este proceso se ha utilizado principalmente como un medio de pretratamiento para la hidrólisis enzimática de la celulosa.

El ácido más utilizado es el ácido sulfúrico diluido ( $H_2SO_4$ ). El pretratamiento ácido seguido del pretratamiento alcalino da como resultado una celulosa relativamente pura. Este pretratamiento químico consiste en la adición de ácidos (generalmente entre 0.2 % y 2.5 % p/p) a la biomasa, seguido de la mezcla a temperaturas entre 130 °C y 210 °C (Brodeur et al., 2011). Se han reportado altos rendimientos de hidrólisis enzimática (74 %) cuando la paja se sometió a 0.75 % v/v de  $H_2SO_4$  a 121 °C durante 1 h (Saha et al. 2005). La biomasa del olivo se pretrató con un 1,4 % de  $H_2SO_4$  a 201 °C, lo que resultó en un 76.5 % de rendimiento de hidrólisis (Cara et al., 2008). También, se han estudiado otros ácidos, como el ácido clorhídrico (HCl), el ácido fosfórico ( $H_3PO_4$ ) o el ácido nítrico ( $HNO_3$ ).

A pesar de las ventajas mencionadas, debe tenerse en cuenta que los pasos de lavado y/o desintoxicación generalmente se requieren para eliminar el ácido antes de continuar con el proceso de fermentación. Un inconveniente más es la producción de inhibidores de fermentación que reducen la efectividad de otros procesos. De hecho, un inconveniente más es la producción de inhibidores de la fermentación, incluso en menor medida con respecto a la hidrólisis concentrada, que reduce la efectividad de otros procesos.

Las condiciones óptimas para el pretratamiento con ácido dependen del propósito del pretratamiento. Se encontró que las condiciones óptimas para obtener el máximo rendimiento de azúcar dependen de si el objetivo es maximizar el rendimiento después del pretratamiento o después de la hidrólisis enzimática de los sólidos pretratados o si el objetivo es obtener el máximo rendimiento después de ambos pasos. Además, encontrar las condiciones óptimas es extremadamente importante para reducir la formación de productos inhibidores que reducirán la eficiencia del paso de fermentación (Brodeur et al., 2011). Para el tratamiento previo de materiales lignocelulósicos se aplican diferentes tipos de reactores, como percolación, flujo de tapón, lecho de contracción, lotes y reactores de contracorriente (Lee et al., 1999).

#### **Determinación de azúcares reductores**

Según el método Miller (1959), los azúcares reductores pueden reducir al ácido 3,5-dinitrosalicílico (DNS) bajo determinadas condiciones. Cuando el ácido 3,5-dinitrosalicílico es reducido en presencia de calor, por los azúcares reductores que entran en contacto con él, se desarrolla un cambio de color parecido al café (con variaciones de amarillo hasta café). El cambio de coloración puede entonces determinarse por lecturas de densidad óptica, leídas por espec-

trofotometría a una determinada longitud de onda. La concentración de los azúcares reductores totales, liberados en la muestra, se determina haciendo una interpolación en la curva patrón del azúcar utilizado, graficando la absorbancia en función de la concentración. Para la aplicación del método DNS de Miller se necesita preparar el reactivo DNS, disolviendo 0.8 g de NaOH en agua destilada, luego se adicionan 15 g de tartrato de sodio y potasio tetra hidratado y 0.5 g de DNS (ácido 3,5-dinitrosalicílico). Esta mezcla se afora a 50 ml con agua destilada y se almacena en un frasco ámbar a 4 °C. La concentración de azúcares reductores se determina utilizando una curva de calibración absorbancia en función de concentración. Para obtener esta curva se prepararon soluciones de 200-1000 mg/l, utilizando glucosa como estándar.

A esas soluciones se les aplicó el método DNS y se leyó la absorbancia de cada una de ellas en un espectrofotómetro (Genesys 10vis) a una longitud de onda 540 nm. Una vez construida la curva patrón se aplicó el método DNS a cada una de las muestras, para lo cual se mezclaron 0,5 ml de cada una con 0,5 ml del reactivo DNS, se colocaron a ebullición por 5 min en baño de maría e inmediatamente se detuvo la reacción con baño de agua y hielo. Se reconstruyeron las muestras con 5 ml de agua destilada, se agitaron, se dejaron en reposo por 15 min, y se determinó su absorbancia a 540 nm. El mismo tratamiento se realizó para el blanco con agua destilada. Leyendo la absorbancia de cada una de las muestras en la curva patrón se determinó la concentración de azúcares reductores. Para el promedio, se utilizaron tres repeticiones y las desviaciones estándar fueron máximo de 10 %.

#### **Microscopio de barrido electrónico (SEM)**

SEM proporciona información tridimensional superficial y superficial de alta calidad y resolución de la muestra (Domingo & Saurina, 2012). Utiliza un haz enfocado de electrones de alta energía para producir diversas señales en la superficie de muestras sólidas. En este método, los electrones emitidos por un filamento de tungsteno se aceleran al ánodo en condiciones de vacío y se genera un haz de electrones en el vacío, que se ajusta mediante lentes de condensador electromagnético (Luykx et al., 2008), y las propiedades de la superficie las muestras se escanean mediante bobinas de deflexión electromagnética; es decir, los electrones secundarios se magnifican y finalmente se hacen caer sobre una pantalla fluorescente para obtener la imagen final (Domingo & Saurina, 2012).

Para estudiar las propiedades morfológicas, es necesario el secado de nanoportadores para garantizar la máxima estabilidad estructural, luego, las muestras secas se recubren con una capa de oro o platino en condiciones de vacío. Una ventaja importante de SEM es la alta profundidad de campo, que permite una imagen

clara de una estructura relativamente grande. Pero en comparación con un TEM, tiene una resolución más baja (3 - 4 nm) (McClements, 2005) y no muestra los detalles internos de las nanopartículas (Reimer, 1993).

El microscopio electrónico de barrido de alta resolución (SEM) es excelente para la caracterización del tamaño y forma de las nanopartículas, porque la preparación de la muestra y adquisición de imágenes necesarias son relativamente rápidas y sencillas. Aunque la imagen SEM es una representación bidimensional (2D) de los objetos tridimensionales (3D) desde un cierto ángulo de visión, la imagen SEM contiene una cierta cantidad de información 3D que con la medición basada en modelos se puede utilizar para reconstruir la forma con precisión sub-nm de una estructura simple (Vladár, et al., 2014).

La señal responsable de la creación de una imagen SEM viene dada por los electrones secundarios (SE) y/o electrones de retrodispersión (BSE) creados cuando la muestra es bombardeada por el haz de electrones primarios (PE). El voltaje de aceleración máximo típico de un SEM es 30 kV. Mientras que los SE debido a su baja energía por debajo de 50 eV tienen una pequeña profundidad de escape en el rango de unos pocos nm, los BSE poseen energías cinéticas significativamente más altas (hasta la energía de excitación) y provienen de aproximadamente la mitad de la profundidad del volumen de interacción en la muestra. Por consiguiente, los SE son capaces de producir micrografías SEM de alta resolución con un contraste morfológico de superficie superior, mientras que las micrografías BSE revelan un contraste compositivo superior pero con una resolución espacial más pobre. Además, los electrones SE pueden clasificarse en SE1, es decir, los generados en el punto de impacto de los electrones primarios con la muestra; SE2, o los generados por los electrones de alta energía dentro de la muestra y; SE3, los generados por los electrones de la EEB que golpean las superficies internas de la cámara de muestras del microscopio. Los detectores montados dentro de la columna de electrones, como los llamados en lente o a través de la lente, son capaces de recolectar electrones secundarios con muy buena eficiencia a una distancia de trabajo óptima (muestra de lente final) y proporcionan la mayor resolución espacial posible.

## Materiales y métodos

### Método experimental

#### *Materia prima*

La materia prima que se utilizó en las experimentaciones fue los residuos de apio de los desechos de alimentos del Comedor Universitario de la UNCP, los que se secaron, molieron y tamizaron en la empresa "Natural Products NAR-VID E.I.R.L."

#### Materiales

- 10 matraces de 500 ml
- 03 pipetas de 10 ml
- 03 micropipetas de 1 ml
- 03 propipetas
- 30 tubos de ensayo
- 10 embudos.
- 10 fioles de 100 ml
- 03 fioles de 1 l
- 02 Lunas de reloj
- 02 Probeta de 25 ml
- 05 Varillas de vidrio
- Parafilm
- Papel filtro N°40
- Porta muestras
- Cinta adhesiva de cobre

#### Reactivos

- Agua destilada
- Ácido sulfúrico
- Hidróxido de Calcio
- Tartrato de Na y K
- Ácido 3,5-dinitrosalicílico (DNS)
- Glucosa anhidra
- Fenol
- Sulfito de sodio
- Hielo

#### Equipos e instrumentos.

- 01 Balanza analítica de 4 dígitos (marca Sartorius y modelo: A2214)
- 01 Baño María (marca VWR, Modelo: 1228-2, TIPO: CAP/14 l)
- 03 Baño María controlado por microprocesador/de mesa BW-20G
- 01 cocinilla eléctrica
- Microscopio de barrido electrónico (SEM) Mira 3 TESCAN
- Metalizador de oro

## Procedimiento experimental

### *Preparación del reactivo DNS*

Se fundamenta en la reducción del DNS (color amarillo) por la glucosa u otro azúcar reductor al ácido 3-amino-5-nitrosalicílico (color rojo ladrillo), produce una coloración en función a la concentración de azúcares reductores que se evidencia por medio de la lectura de la absorbancia a 540 nm en un espectrofotómetro UV.

La preparación del reactivo DNS consistió en: pesar 1 g de ácido 3,5-dinitrosalisílico, 40 g de tartrato de Na-K, 1.1 g de NaOH, 0.2 g de fenol y 0.05 de sulfito de sodio; agregar ácido 3,5-dinitrosalisílico y NaOH en 50 ml de agua destilada, añadir poco a poco fenol y sulfito de sodio; agregar lentamente y en constante agitación tartrato de Na-K, añadir nuevamente agua hasta 80 ml, agitar con mucho cuidado hasta que se diluya totalmente, trasvasar, aforar a 100 ml y agitar.

#### **Determinación de la concentración de azúcares reductores con el método del DNS**

El procedimiento consistió en: colocar 1 ml de la muestra previamente filtrada en un tubo de ensayo, añadir 1 ml de agua destilada, más 2 ml de reactivo DNS. Preparar en otro tubo de ensayo el blanco (2 ml de agua destilada y 2 ml de DNS). En baño María, hacer hervir los tubos durante 10 minutos, añadir 1 ml de sal de Rochelle al 40 %, enfriar en agua corriente de 2 a 5 minutos; añadir 6 ml de agua destilada, mezclar por inmersión. Leer la densidad óptica o absorbancia a 540 nm, previamente calibrado a cero la absorbancia del blanco. Finalmente, determinar las concentraciones de azúcares reductores (mg de glucosa/ml) en la curva estándar, según la absorbancia obtenida.

#### **Elaboración de la curva de calibración de glucosa**

Para la curva de calibración se procedió a: preparar una solución de glucosa de 100 g/l (pesar 1 g de glucosa anhidra, 0.02 g de azida de sodio, diluir y aforar en una fiola de 100 ml), tomar alícuotas de 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18 y 20 ml de la solución anterior y aforar a 100 ml; de cada fiola tomar 1 ml de estándar y seguir el procedimiento para la determinación de azúcares reductores con el reactivo DNS. Con los resultados, construir una gráfica entre concentración de glucosa versus absorbancia.

#### **Pretratamiento ácido de los residuos de apio**

El pretratamiento consistió en: pesar 25 g de la mezcla de los residuos, disolver en 250 ml de ácido sulfúrico a concentraciones de 0.1 %, 2.5 % y 4 % v/v, calentar en baño maría a temperaturas de 60, 70 o 80 °C y durante 2, 3 o 4 horas (según diseño experimental), posteriormente filtrar para tomar 1 ml de la mezcla obtenida para determinar la concentración de azúcares reductores por el método DNS. De la mezcla sólida, tomar 10 g de muestra, secar durante 36 horas para el análisis en el SEM.

#### **Determinación de morfología de celulosa de los residuos de apio utilizando el microscopio de barrido electrónico (SEM) Mira 3 Tescan**

De los 10 g de muestra seca de residuos pretratados, se coloca una mínima cantidad en el porta muestras (stubs) del microscopio estas están adheridas a la cinta de cobre, posteriormente las muestras tendrán que pa-

sar por el metalizador de oro. Se coloca las muestras en el posicionador del microscopio, finalmente se observa la morfología de la celulosa de los residuos de apio.

#### **Diseño experimental**

Para el trabajo de investigación se propuso un diseño experimental, el cual permitió evaluar las variables y la interacción entre ellas. Se usó el diseño experimental de Box-Behnken.

Las variables de la investigación son:

Variables dependientes

- Características de la celulosa
- Concentración de glucosa

Variables independientes

- Tiempo
- Temperatura
- Concentración del H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

Los niveles de las variables independientes se muestran en la siguiente tabla:

**Tabla 2**

*Niveles de las variables.*

Nº	Tiempo (horas)	Temperatura (°C)	Concentración del H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (v/v)
1	2	60	0.1 %
2	3	70	2.5 %
3	4	80	4.0 %

**Tabla 3**

*Matriz de diseño experimental.*

Nº	Tiempo (horas)	Temperatura (°C)	Concentración del H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (v/v)	Características de la celulosa/Concentración de glucosa	
				I	II
1	3	60	4.0		
2	2	80	2.5		
3	4	70	0.1		
4	3	60	0.1		
5	3	80	2.5		
6	2	70	2.5		
7	4	70	4.0		
8	3	60	2.5		
9	2	60	2.5		
10	3	80	4.0		
11	4	80	2.5		
12	4	60	2.5		
13	2	70	0.1		
14	2	70	4.0		
15	2	60	0.1		

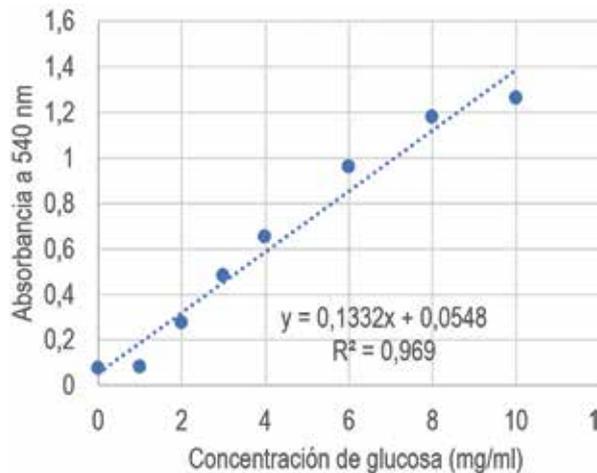
## Resultados

### Curva de calibración

La curva de calibración que es necesario para cuantificar los azúcares reductores por el método DNS se presenta a continuación:

**Figura 1**

Curva de calibración.

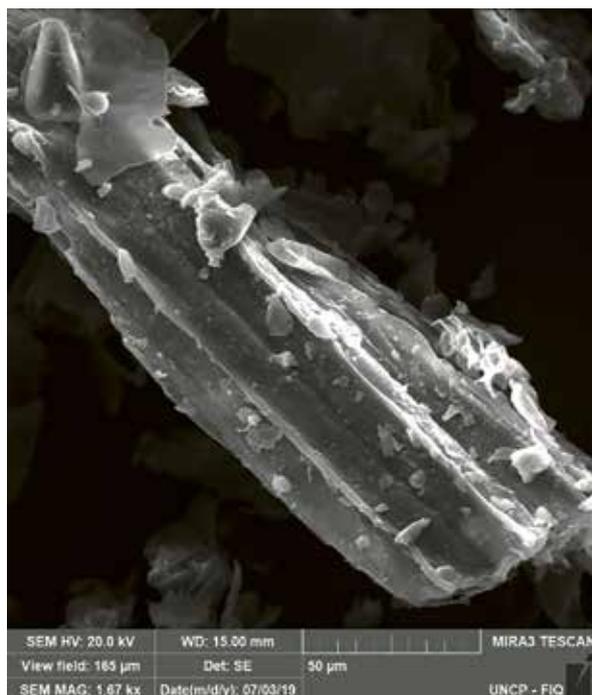


### Morfología de los residuos de apio (*Apium Graveolens*) por microscopía electrónica de barrido (SEM).

A continuación, se presenta la morfología de los residuos de apio (*Apium Graveolens*) por microscopía electrónica de barrido (SEM) antes y después del pretratamiento.

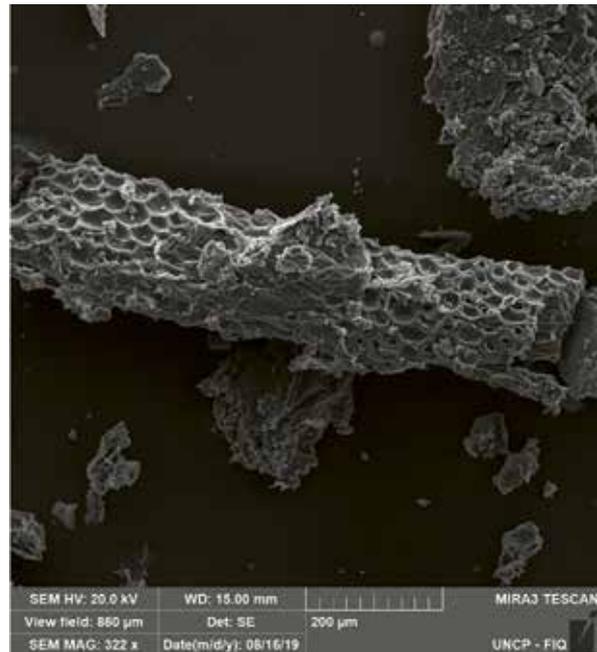
**Figura 2**

Morfología de los residuos de apio (*Apium Graveolens*) por microscopía electrónica de barrido (SEM) antes del pretratamiento.



**Figura 3**

Morfología de los residuos de apio (*Apium Graveolens*) por microscopía electrónica de barrido (SEM) después del pretratamiento.



Solo se presenta resultados iniciales, queda pendiente la finalización de las pruebas consideradas en el diseño experimental.

## Discusión

Danmaliki et al. (2016) investigaron la eficiencia de tres técnicas de pretratamiento agua, hidróxido de sodio y ácido sulfúrico de residuos de plátano, en el pretratamiento ácido lograron una concentración de 1.4 % con  $H_2SO_4$  al 5 %, 6 horas a 120 °C. Además, demostraron que a mayor tiempo y temperatura hay más producción de azúcares, pero aumentan inhibidores como furfural y 5-hidroximetilfurfural

Gundupalli & Bhattacharyya (2017) aplicaron el pretratamiento ácido ( $H_2SO_4$  0.5 - 2.5 % v/v) a los residuos de alimentos en la optimización de la producción de azúcares reductores, obtuvieron a una concentración de ácido de 0.5 - 2.5 % (v/v), 121°C y 60 minutos, entre 0.5378 y 0.67 de g azúcares/g. Estos residuos contenían principalmente carnes, panes, arroz y vegetales, lo que involucra romper estructuras de celulosa, lignina y hemicelulosa, como también de lípidos, proteínas, almidón, etc.

Hafid et al., (2017), estudiaron el efecto de los componentes de los residuos sólidos municipales en la producción de azúcares fermentables, en parte de su estudio utilizaron el pretratamiento ácido diluido ( $H_2SO_4$ ) y obtuvieron los mejores resultados a la concentración de 0,5 % y 90 °C. Demostraron que la composición de los residuos afecta los resultados y características de la celulosa obtenidas por el pretratamiento.

## Conclusiones

- El tiempo, temperatura y dosis de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> influye en las características de la celulosa en el pretratamiento ácido de los residuos de apio.
- El tiempo, temperatura y dosis de ácido en el pretratamiento ácido de los residuos de apio es 2 horas, 60 °C y 0.1 %, respectivamente, son las mejores condiciones del pretratamiento ácido por la morfología que presentan que concuerdan con lo indicado en la literatura.
- La morfología de los residuos de apio pretratadas presenta alteraciones como poros y fibras, lo cual favorecerá la producción de glucosa en la hidrólisis y etanol en la fermentación.

## Referencias bibliográficas

- Cekmecelioglu, D. & Uncu, O. N. *Kinetic modeling of enzymatic hydrolysis of pretreated kitchen wastes for enhancing bioethanol production*. Waste Manag [Internet]. 2013;33(3):735–9. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2012.08.003>
- Vavouraki A. I.; Volioti V. & Kornaros M. E. *Optimization of thermo-chemical pretreatment and enzymatic hydrolysis of kitchen wastes*. Waste Manag [Internet]. 2014;34(1):167–73. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2013.09.027>
- Uncu, O. N. & Cekmecelioglu, D. *Cost-effective approach to ethanol production and optimization by response surface methodology*. Waste Manag [Internet]. 2011;31(4):636–43. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2010.12.007>
- Ntaikou, I.; Menis, N.; Alexandropoulou, M.; Antonopoulou, G. & Lyberatos, G. *Valorization of kitchen biowaste for ethanol production via simultaneous saccharification and fermentation using co-cultures of the yeasts *Saccharomyces cerevisiae* and *Pichia stipitis**. Bioresour Technol [Internet]. 2018;263:75–83. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2018.04.109>
- Negi, H.; Agrawal, R.; Verma, A. & Goel, R. *Municipal solid waste to bioenergy: Current status, opportunities, and challenges in Indian context [Internet]. New and Future Developments in Microbial Biotechnology and Bioengineering*. Elsevier B.V.; 2019. 191–203 p. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-444-64191-5.00014-6>
- Zabot, G. L.; Tres, M. V.; Ferreira, P. A. A.; Dal Molin, A. & Mazutti, M. A. *Power the future with bioenergy from organic wastes*. In: Recent Developments in Bioenergy Research [Internet]. BV; 2020. p. 85–114. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-819597-0.00004-0>
- Trivedi, J.; Bhonsle, A.K. & Atray, N. *Processing food waste for the production of platform chemicals [Internet]. Refining Biomass Residues for Sustainable Energy and Bioproducts*. Elsevier Inc.; 2020. 427–448 p. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-818996-2.00019-3>
- Demesa, A. G.; Laari, A. & Sillanpää, M. *Value-added chemicals and materials from lignocellulosic biomass [Internet]. Advanced Water Treatment*. Elsevier Inc.; 2020. 367–436 p. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-819225-2.00006-5>
- Hendriks, A. T. W. M. & Zeeman, G. *Pretreatments to enhance the digestibility of lignocellulosic biomass*. Bioresour Technol. 2009;100(1):10–8.
- Otles, S. & Kartal, C. *Food waste valorization [Internet]. Sustainable Food Systems from Agriculture to Industry*. Elsevier Inc.; 2018. 371–399 p. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-811935-8.00011-1>
- Speight, J. G. *Hydrocarbons from biomass*. Handbook of Industrial Hydrocarbon Processes. 2020. 293–342 p.
- Verardi, A.; Lopresto, C. G.; Blasi, A.; Chakraborty, S. & Calabrò V. *Bioconversion of lignocellulosic biomass to bioethanol and biobutanol [Internet]. Lignocellulosic Biomass to Liquid Biofuels*. INC; 2020. 67–125 p. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-815936-1.00003-4>
- Bajpai, P. *Biomass conversion processes*. Biomass to Energy Conversion Technologies. 2020. p. 41–151
- Dey, P.; Pal, P.; Kevin, JDi. & Das, DiB. *Lignocellulosic bioethanol production: Prospects of emerging membrane technologies to improve the process - A critical review*. Rev Chem Eng. 2018;
- Chiaramonti, D.; Giovannini, A.; Janssen, R. & Mergner, R. *Lignocellulosic ethanol production plant by Biochemtex in Italy Lignocellulosic Ethanol Process and Demonstration A Handbook Part I [Internet]. 2013. 140 p. Available from: www.wip-munich.de*
- Ranjithkumar, M.; Ravikumar, R.; Sankar, M. K.; Kumar, M. N. & Thanabal, V. *An effective conversion of cotton waste biomass to ethanol: A critical review on pretreatment processes*. Waste and Biomass Valorization. 2017;8(1):57–68.

- Núñez, R. Á.; Pérez, B. R.; Hernández, R.; Nacional, U.; Francisco, E. & Perozos, N. A. L. *Contenido de azúcares totales, reductores y no reductores en Agave cocui Trelease*. Multiciencias. 2012;12(2):129–35.
- Sarabandi, K.; Gharehbeiglou, P. & Jafari, S. M. *Scanning electron microscopy (SEM) of nanoencapsulated food ingredients* [Internet]. Characterization of Nanoencapsulated Food Ingredients. Elsevier Inc.; 2020. 83–130 p. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-815667-4.00003-1>
- Vladár, A. E. & Hodoroaba, V. D. *Characterization of nanoparticles by scanning electron microscopy* [Internet]. Characterization of Nanoparticles: Measurement Processes for Nanoparticles. Elsevier Inc.; 2019. 7–27 p. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-814182-3.00002-X>





## Estado actual de eutrofización utilizando el modelo matemático del índice de estado trófico (IET) en la laguna de Paca de la provincia de Jauja

### Current state of eutrophication using the mathematical model of the trophic state index (IET) in the Paca Lagoon of the Jauja province

Iván Luis Osorio López<sup>1</sup>, Santiago Navarro Rodríguez<sup>1</sup>, Cristhian Sandro Cuellar Arancibia<sup>2</sup>

E-mail: iosorio@uncp.edu.pe / vnavarro@uncp.edu.pe

#### Cómo citar

Osorio López, I. L.; Navarro Rodríguez, S. & Cuellar Arancibia, C. S. (2020). *Estado actual de eutrofización utilizando el modelo matemático del índice de estado trófico (IET) en la laguna de Paca de la provincia de Jauja*. Revista de la UNCP. 17(1), 139-142. <https://doi.org/10.26490/uncp.prospectivauniversitaria.2020.17.1391>

#### Resumen

La eutrofización es un problema mundial y, según muchos estudios, pasó de ser un problema natural a un problema cultural. A través de los años, el problema de eutrofización ha ido creciendo en todas partes del mundo debido a la revolución verde en la década de los 60 que consistía en la producción de agroquímicos con alto contenido de fósforo y nitrógeno. El presente trabajo de investigación tiene como principal objetivo hacer un estudio del estado actual de eutrofización en la laguna de Paca, utilizando el Índice de Estado Eutrófico (IET), un método muy utilizado para determinar el estado eutrófico de una laguna. Para su determinación, se utilizaron los siguientes parámetros: turbidez, fósforo total y clorofila-a. La turbidez fue medida en metros, fósforo total y clorofila-a en partes por millón. Se ha seguido un procedimiento de monitoreo en campo y después en laboratorio. Una vez que se obtuvieron los datos de cada parámetro, se calculó el Índice de Estado trófico (IET). Se obtuvieron los promedios de los parámetros monitoreados y procesados siendo para turbidez de 48.464, 48.346 y 48.307 en metros, para fósforo total fueron de 47.132, 47.236 y 46.916 en mg/m<sup>3</sup>, para clorofila-a fueron de 48.397, 40.741 y 44.750 en mg/m<sup>3</sup>, estos valores arrojaron que la laguna de Paca se encuentra en un estado mesotrófico. Para evaluar el comportamiento de eutrofización en la laguna de Paca, se compararon los datos actuales con los datos anteriores monitoreados por las instituciones públicas a cargo; los resultados fueron para el IET, en turbidez 51.071 m, en fósforo total 48.273 mg/m<sup>3</sup> y para clorofila a 49.709 mg/m<sup>3</sup> confirmando que la laguna de Paca se encuentra en un estado mesotrófico. Para el grado de eutrofia, los resultados fueron en turbidez 1.86 m, para fósforo total 25.385 ug/l y para clorofila-a fue de 5.840 ug/l.

**Palabras clave:** turbidez, fósforo total, clorofila-a, eutrofización, mesotrófico, índice de estado eutrófico.

#### Abstract

Eutrophication is a global problem and according to many studies, moved from a natural problem to a cultural problem. Through the years, the eutrophication problem has been growing in all parts of the world due to the green revolution in the 60s which consisted in the production of agrochemicals with high phosphorus and nitrogen content. The main objective of this research is to study the current status of eutrophication in the Paca lagoon using the Eutrophic Status Index (IET), a method widely used to determine the eutrophic state of a lagoon. For its determination, the following parameters were used: turbidity, total phosphorus and chlorophyll-a. Turbidity was measured in meters, total phosphorus and chlorophyll-a in parts per million. A monitoring procedure in the field and later in the laboratory was followed. Once the data for each parameter were obtained, the trophic status index (IET) was calculated. The averages of the monitored and processed parameters were obtained, being for turbidity 48,464, 48,346 and 48,307 meters, for total phosphorus were 47,132, 47,236 and 46,916 mg/m<sup>3</sup> and for chlorophyll-a were 48,397, 40,741 and 44,750 mg/m<sup>3</sup>, these values showed that the Paca lagoon is on a mesotrophic state. To evaluate the behavior of eutrophication in the Paca lagoon, the current data were compared to the previous data monitored by the public institutions in charge, the results were for the EIT, in turbidity 51,071 meters, total phosphorus 48,273 mg/m<sup>3</sup> and chlorophyll-a 49,709 mg/m<sup>3</sup>, this confirms that the Paca lagoon is on a mesotrophic state. For the eutrophy degree the results were turbidity 1.86 m, total phosphorus 25.385 ug/l and chlorophyll-a 5.840 ug/l.

**Keywords:** turbidity, total phosphorus, chlorophyll-a, eutrophication, mesotrophic, eutrophic status index

<sup>1</sup>Docentes de la Fac. de Ingeniería Química / <sup>2</sup>Investigador externo

## Introducción

El aporte excesivo de nutrientes da origen antropogénico hacia cuerpos de agua costeros, genera procesos de eutrofización con efectos adversos al ambiente y a las actividades productivas (Ruiz, 2017). Las actividades humanas, en especial aquellas que ocurren en las cuencas costeras, están afectando directamente o indirectamente a los ecosistemas acuáticos, como lagunas o estuarios causando perturbaciones ambientales como la pérdida de la calidad del agua, destrucción del hábitat, eutrofización, así como los cambios en la estructura y dinámica trófica (Borja, 2013).

El crecimiento demográfico y el desarrollo económico observados a lo largo de estas últimas décadas en todo el planeta, son los principales responsables de la mayoría de las modificaciones que se están produciendo a nivel ambiental. Esta presión sobre el medio ambiente se ve especialmente reflejada en el medio acuático. Las alteraciones del medio son la consecuencia de múltiples factores antrópicos (Zouiten, 2013). Las causas principales del aumento de la contaminación en las aguas es el crecimiento de la población, el aumento de las actividades económicas, la expansión e intensificación de la agricultura y el aumento de aguas negras sin tratar (Rojas, 2016).

Por estas causas la eutrofización es una de las principales problemáticas que actualmente afecta al recurso hídrico, este fenómeno se ha expandido a nivel mundial y se está convirtiendo en uno de los problemas prioritarios para ser atendido por parte de los investigadores; ya que, en la actualidad, este problema ha afectado a numerosos cuerpos de agua. De acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas, a nivel mundial, el número de lagos con floraciones de algas perjudiciales aumentará un 20 % por lo menos hasta el año 2050 y se espera que la eutrofización de las aguas superficiales y las zonas costeras aumente aproximadamente en todas partes hasta el 2030. Aunado a lo anterior, surge la necesidad de profundizar en el tema para mostrar los daños causados por este fenómeno en los cuerpos de agua, así como la situación actual por la que atraviesan los recursos hídricos (García & Miranda, 2018).

Esto empieza con la aparición de macrófitas, asociada con la reducción de fitoplancton y la demanda bioquímica de oxígeno (DBO5). La presencia de nitrógeno total, fósforo soluble y turbidez, son indicadores del grado de eutrofización. Las actividades de la vegetación, los cambios de temperatura, las precipitaciones, la radiación descendente y las actividades antropogénicas son relevantes y, en general, la urbanización tiene impacto sobre la ecología (Wen, Wu, Chen & Lü, 2017).

## Índice del Estado Trófico de Carlson (IET)

El Índice del Estado Trófico (TSI) tiene como finalidad clasificar cuerpos de agua en diferentes estados tróficos, de forma confiable, este índice ha sido uno de los más ampliamente utilizados para la clasificación de lagos y reservorios. El índice toma como variables, la profundidad de visión del disco de Secchi (TSIDs) y las concentraciones superficiales de fósforo total (TSIPt) y clorofila a (TSIclorf a). Este índice sujeta el estado trófico de un lago a un valor en una escala de 0 a 100 (García & Miranda, 2018).

El TSI ha sido uno de los primeros índices propuestos para sistemas lacustres; está basado en la utilización del Disco de Secchi para la medición de la transparencia del agua a través de la columna de agua del lago. Esta transparencia determina el nivel de refracción de la luz a través de la turbidez y el color que presenta el volumen de agua, por efecto de descargas de sólidos (suspendidos, volátiles o sedimentables) o por la formación de sistemas coloidales o soluciones complejas (López & Madronero, 2015).

Los datos brutos se transforman mediante ecuaciones apropiadas para cumplir la condición de que los valores transformados del rango más bajo y más alto, para los tres factores, sean iguales a 0 y 100, respectivamente. Si un cuerpo de agua no presenta ningún estrés antropogénico, el índice reportará un valor bajo, lo que significa que el ecosistema tiene pocos nutrientes, sedimentos o contaminantes de diferente tipo (Moncayo & Trindade, 2016).

## Materiales y métodos

El simple hecho de que se utilice un modelo matemático que pueda dar resultados actuales también puede dar resultados pasados o futuros; es por ello que, el diseño de la investigación que se utilizó para la recolección de datos fue el diseño longitudinal de tendencia; el presente diseño se basa en analizar los cambios a través del tiempo de las variables dentro de la muestra en general, la muestra puede variar en 3, 5 o 10 años, presentará una diferencia de su estado actual con lo cual se examina su evolución a lo largo de este periodo, el cambio puede ser por causas naturales o antrópicas entonces el diseño de longitudinales de tendencia aplica a este tipo de casos.

## Desarrollo metodológico en campo

El estudio integró la recolección de datos de muestra en campo para la laguna de Paca, el protocolo a seguir para el muestreo en la laguna de Paca fue la RJ N° 010-2016-ANA, tomando en cuenta tres aspectos en claro: seguridad, representatividad y accesibilidad al lugar de muestreo, luego se pasó a muestrear fósforo total y clorofila-a; mientras que, en turbidez se obtuvo directamente con el Disco de Secchi.

## Desarrollo metodológico en el laboratorio

El método utilizado para la obtención de datos de fósforo total fue el de colorimetría y para clorofila-a fue el tricromático; una vez obtenidos los resultados, se utilizaron los siguientes modelos para obtener el estado trófico:

$$\text{IET } P_{\text{total}} = 14,42 \ln (P_{\text{total}}) + 4.15$$

$$\text{IET } \text{CHL-a} = 9.81 \ln (\text{Clorf-a}) + 30.6$$

## Prueba estadística

La prueba estadística fue la t de student para comprobar las hipótesis planteadas si la laguna de Paca se encuentra en un estado mesotrófico o se encuentra fuera de este estado; para ello, se empleó el grado de significancia de 5 % trabajando con una media poblacional de 30 y 60 mg/m<sup>3</sup>.

## Resultados

**Tabla 1**

Escala de Grados Eutróficos.

Estado de Eutrofia	TSI	Ds (m)	Pt (mg/m <sup>3</sup> )	Clorf-a (mg/m <sup>3</sup> )
	0	64	0.75	0.04
Oligotrófico (IET < 30)	10	32	1.5	0.12
	20	16	3	0.34
	30	8	6	0.94
Mesotrófico (30 < IET < 60)	40	4	12	2.6
	50	2	24	6.4
	60	1	48	20
Eutrófico (60 < IET < 90)	70	0.5	96	56
	80	0.25	192	154
	90	0.12	348	427
Hipereutrófico (90 < IET < 100)	100	0.06	768	1183

**Tabla 2**

Resultados de turbidez.

Puntos de monitoreo	Turbidez					Fuente
	Punto 1 (m)	Punto 2 (m)	Punto 3 (m)	Punto 4 (m)	Punto 5 (m)	
Febrero del 2015	50.012	51.371	50.751	51.691	51.530	Ana
Junio del 2017	50.012	50.012	46.912	47.384	47.998	Propia
Julio del 2017	50.012	50.012	46.796	46.912	47.98	Propia
Agosto del 2017	50.012	50.012	46.912	46.912	47.688	Propia
Valor promedio actual	50.012	50.012	46.873	47.069	47.894	Mesotrófico

**Tabla 3**

Resultados de fósforo total.

Puntos de monitoreo	Fósforo Total					Fuente
	Punto 1 (mg/m <sup>3</sup> )	Punto 2 (mg/m <sup>3</sup> )	Punto 3 (mg/m <sup>3</sup> )	Punto 4 (mg/m <sup>3</sup> )	Punto 5 (mg/m <sup>3</sup> )	
Junio del 2013	61.016	51.242	38.728	51.782	38.596	Minam
Junio del 2017	46.930	46.950	47.348	47.348	47.084	Propia
Julio del 2017	47.441	47.422	47.348	46.280	47.690	Propia
Agosto del 2017	46.211	47.402	47.506	46.397	47.067	Propia
Valor promedio actual	46.861	47.258	47.401	46.675	47.280	Mesotrófico

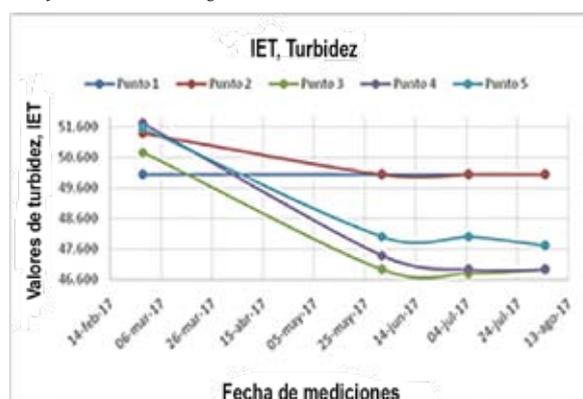
**Tabla 4**

Resultados de clorofila - a.

Puntos de monitoreo	Clorofila - a					Fuente
	Punto 1 (mg/m <sup>3</sup> )	Punto 2 (mg/m <sup>3</sup> )	Punto 3 (mg/m <sup>3</sup> )	Punto 4 (mg/m <sup>3</sup> )	Punto 5 (mg/m <sup>3</sup> )	
Diciembre del 2015	42.3124	50.7510	38.7708	50.2345	51.4780	ANA
Junio del 2017	54.963	43.915	50.489	44.221		Propia
Julio del 2017	37.839	40.935	38.172	42.228	44.529	Propia
Agosto del 2017	46.583	47.282	40.341	45.659	43.885	Propia
Valor promedio actual	46.462	44.044	43.001	44.036	44.207	Mesotrófico

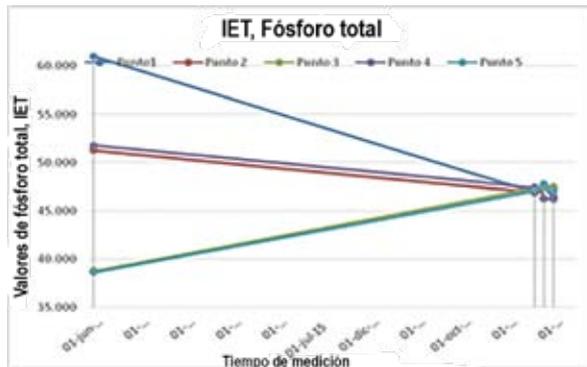
**Figura 1**

Comportamiento de la turbidez en la laguna de Paca con relación al tiempo de monitoreo, según el IET.

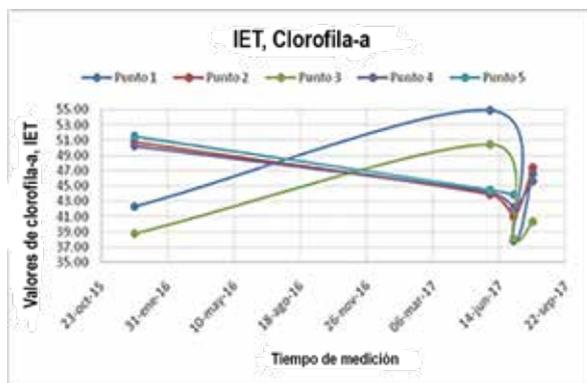


**Figura 2**

Comportamiento de fósforo total en la laguna de Paca con relación al tiempo de monitoreo, según el IET.

**Figura 3**

Comportamiento de la clorofila-a en la laguna de Paca con relación al tiempo de monitoreo, según el IET.



## Discusión

En las tablas 2, 3 y 4, se muestran los resultados obtenidos durante todo el proceso de muestreo y análisis, los resultados van desde años anteriores donde se incluyen datos de la Autoridad Nacional del Agua y del Ministerio del Ambiente, datos de turbidez, fósforo total y clorofila-a, si se comparan los resultados con los datos de la Tabla 1, se deduce que la laguna de Paca se encuentra en un estado mesotrófico, los datos no sobrepasan los estándares del IET cumpliendo con el estándar  $30 < IET < 60$  mesotrófico.

Según Monsonis (2017), cuando una masa de agua es pobre en nutrientes (oligotrófica), sus aguas son muy transparentes, permitiendo una buena penetración de la radiación solar, posibilitando el crecimiento de algas y la coexistencia de una gran variedad de seres vivos. Por el contrario, el incremento de la vegetación en superficie provoca un aumento de la turbidez del agua, impidiendo que la radiación solar alcance las especies vegetales situadas en el fondo. En la Figura 1, se muestra como la turbidez aumenta en el punto más crítico desde los 50.751 m hasta los 46.912 m, es en el punto 2 donde este caso se refleja. Para el parámetro de fósforo total, en el punto 5 de la Figura 2, es donde más

se muestra que la concentración aumenta desde los 38.596 mg/m<sup>3</sup> hasta los 47.067 mg/m<sup>3</sup>. La clorofila-a en la Figura 3, se muestra que en el punto 3 la concentración aumenta desde los 38.7708 mg/m<sup>3</sup> hasta los 43.001 mg/m<sup>3</sup>.

## Conclusiones

- Aun así, con el aumento de la turbidez, las concentraciones de fósforo total y clorofila-a en la laguna de Paca se concluye que según el IET la laguna sigue presentando un estado mesotrófico antes y después.

## Referencias bibliográficas

- García Miranda, F. G. & Miranda Rosales, V. (2018). *Eutrofización, una amenaza para el recurso hídrico*. México: Universidad Autónoma del Estado de México.
- Moncayo Eraso, R. J. & Trindade Galo, M. B. (2016). *Evaluación espacio-temporal del estado trófico de un lago*. Scielo, 27-42.
- Borja, A. S. (2013). *Classifying ecological quality and integrity of estuaries*. En E. D. Wolanski, treatise on estuarine and coastal science (125 - 162). USA: Elsevier.
- López Martínez, M. L. & Madronero Palacios, S. M. (2015). *Estado trófico de un lago tropical de alta montaña: caso laguna de La Cocha*. Scielo, (21-42).
- Mas Monsonis, M. (2017). *Uso de la teledetección y los sig en la vigilancia de la calidad del agua: aplicación al mar menor*. Cartagena: Universidad Politécnica de Cartagena.
- Rojas, A. G. (2016). EL PAIS. *La contaminación aumenta en la mayoría de los ríos de América Latina, África y Asia*: [https://elpais.com/elpais/2016/09/01/ciencia/1472719506\\_387465.html](https://elpais.com/elpais/2016/09/01/ciencia/1472719506_387465.html)
- Ruiz Ruiz, T. M. (2017). *Análisis corporativo de índices de eutrofización en lagunas costeras del Estado de Sonora, México*. México: Centro de Investigación Biológica del Noroeste, S.C.
- Wen, Z., Wu, S., Chen, J., & Lü, M. (2017). *Indicated long-term interannual changes in vegetation activities and their responses to climatic and anthropogenic factors in the Three Gorges Reservoir Region*. China: PubMed.
- Zouiten, H. (2013). *Análisis mediante modelado avanzado de procesos de eutrofización en lagunas litorales: Aplicación a masas de agua atlánticas y mediterráneas*. España: Universidad de Cantabria.



# Estudio de las disciplinas de la organización inteligente en la gestión de la Universidad Nacional del Centro del Perú

## Study of the intelligent organization disciplines in the management of the Universidad Nacional del Centro del Perú

José Luis Olivera Meza<sup>1</sup>, Jesús Ulloa Ninahuamán<sup>1</sup>, Araceli Leticia Olivera Meza<sup>2</sup>, Isidoro Santivañez Ezquível<sup>2</sup>

E-mail: [jolivera@uncp.edu.pe](mailto:jolivera@uncp.edu.pe) / [julloa@uncp.edu.pe](mailto:julloa@uncp.edu.pe) / [araceli641987@gmail.com](mailto:araceli641987@gmail.com) / [isidorosantivanvez@gmail.com](mailto:isidorosantivanvez@gmail.com)

### Cómo citar

Olivera Meza, J. L.; Ulloa Ninahuamán, J.; Olivera Meza, A. L. & Santivañez Ezquível, I. (2020). *Estudio de las disciplinas de la organización inteligente en la gestión de la Universidad Nacional del Centro del Perú*. *Prospectiva Universitaria, Revista de la UNCP*, 17(1), 143-148. <https://doi.org/10.26490/uncp.prospectivauniversitaria.2020.17.1385>

### Resumen

El objetivo de la investigación fue establecer el estado de las disciplinas de la organización inteligente en la gestión de la Universidad Nacional del Centro del Perú. Como sistema social, su renovación interna, para ser viable frente a los requerimientos dinámicos del entorno, debe iniciar con el diagnóstico sobre las disciplinas que deben desarrollarse para transitar hacia una organización inteligente.

La metodología se basó en el diseño y aplicación de cuestionarios para cada una de las disciplinas de la organización inteligente planteadas por Peter Senge. Para ello fue necesario comprender profundamente cada disciplina de la organización inteligente, para establecer los requerimientos de información y las consultas en cada uno de los cuestionarios con alternativas según la escala de Likert, con cinco variantes de respuestas. Los cuestionarios se aplicaron en 50 integrantes, entre docentes, administrativos y estudiantes de la Universidad Nacional del Centro del Perú.

Los resultados obtenidos brindan una calificación en la disciplina de modelos mentales de 2.4; en dominio personal 2.6, en visión compartida 2.8; en aprendizaje en equipo 2.9 y en pensamiento sistémico 2.8; brindando un promedio de 2.7 como práctica de las disciplinas de la organización inteligente en la universidad, permitiendo establecer que la organización tiene un estado inicial de organización inteligente; además, permite identificar detalles a mejorar en cada disciplina 51.

**Palabras clave:** organización inteligente, pensamiento sistémico, dominio personal, modelos mentales, visión compartida y trabajo en equipo

### Abstract

The objective of the research was to establish the state of the intelligent organization disciplines in the Management of the Universidad Nacional del Centro del Perú. As a social system, its internal renewal, in order to be viable in the face of the dynamic requirements of the environment must begin with the diagnosis of the disciplines that must be developed to move towards an intelligent organization.

The methodology was based on the design and application of questionnaires for each discipline of the intelligent organization proposed by Peter Senge. For that, it was necessary to deeply understand each discipline of the intelligent organization, to establish the information requirements and the queries in each questionnaire with alternatives according to the Likert scale, with five response variants. The questionnaires were applied to 50 members, among teachers, administrators and students of the National University of the Center of Peru.

The results obtained provide a score of 2.4 in the Mental Model discipline; 2.6 in Personal Domain, 2.8 in Shared Vision; 2.9 in Team Learning and in 2.8 in Systemic Thinking; giving an average of 2.7 as a practice of the intelligent organization discipline at the University, allowing to establish that the organization has an initial state of intelligent organization, in addition, it allows to identify details to be improved in each discipline.

**Keywords:** smart organization, systemic thinking, personal mastery, mental models, shared vision and teamwork

<sup>1</sup>Docentes de la Facultad de Ingeniería de Sistemas - UNCP / <sup>2</sup>Investigadores externos

## Introducción

El diagnóstico de los sistemas permite llevar a cabo acciones de mejora sobre ellos. El desarrollo de una organización inteligente es sobre la base de la comprensión del conocimiento del estado en el cual se encuentre en torno a las exigencias para ser una organización inteligente. (Suchar, 2015). El aprendizaje es importante para que las organizaciones sean capaces de adaptarse al entorno y responder en forma competitiva frente a sus requerimientos.

La Universidad Nacional del Centro del Perú, para ser un sistema que brinde servicios educativos de calidad internacional certificados, requiere ser una organización inteligente que continuamente mejore su desempeño en base a capacidades y recursos internos, lo cual es resultado exclusivo de la capacidad de aprender de sí misma y de otros, e implementar acciones sobre dicha base. Senge (2005) menciona que la organización inteligente es aquella en la cual sus integrantes son capaces de generar los resultados que necesitan, aprendiendo en forma individual y colectiva guiados por una visión de totalidad de la organización.

La presente investigación se ha basado en la propuesta de la organización inteligente por parte de Peter Senge, por lo cual se ha considerado las cinco disciplinas: modelos mentales, dominio personal, visión compartida y aprendizaje en equipo, integrados por el pensamiento sistémico.

Por tanto, se tuvo como objetivo el establecer el estado de las disciplinas de la organización inteligente en la Universidad Nacional del Centro del Perú, para lo cual se comprendió las disciplinas planteadas por Peter Senge y se aplicó los instrumentos según cada caso.

## Materiales y métodos

El presente estudio aborda la percepción que tienen los integrantes que participan en el sistema de gestión de la Universidad Nacional del Centro del Perú, en los ámbitos estratégicos y de soporte. Para lo cual se ha evaluado lo concerniente a cada una de las disciplinas: Dominio Personal y modelos mentales (componentes individuales), aprendizaje en equipo y visión compartida (componentes grupales) y pensamiento sistémico (componente organizacional). Por tanto el objetivo de la investigación se ha centrado en identificar el estado del personal de la universidad que participa en la gestión sobre las disciplinas de la organización inteligente.

Para realizar la investigación fue necesario conceptualizar cada una de las disciplinas de la organización inteligente planteadas por Peter Senge, diseñar y aplicar los instrumentos respectivos.

## Conceptualización de organización inteligente

El contexto de las organizaciones es altamente dinámico y complejo, caracterizado por cambios acelerados, interrelaciones numerosas y poco claras, innovación cotidiana, e inestabilidades crecientes. Este contexto exige a las organizaciones respuestas rápidas e innovadores optimizando recursos; se requieren organizaciones inteligentes.

Según Peter Senge (1990), las organizaciones inteligentes son aquellas capaces de aprender de sí mismas y del entorno, lo cual constituye la base para el desarrollo. No es suficiente con la adaptación para la sobrevivencia, sino el crecimiento de la capacidad para crear. La organización inteligente tiene como pilares el desarrollo de cinco disciplinas.

A continuación se presentan definiciones sobre la organización inteligente:

- Organizaciones donde la gente expande de forma permanente su capacidad para obtener los resultados que realmente desea, donde se alientan pautas nuevas y expansivas de pensamiento, donde se libera la aspiración colectiva y donde la gente está aprendiendo sin cesar a aprender conjuntamente. (Senge, 1992, p.3)
- Cuando los mercados cambian, las tecnologías proliferan, los competidores se multiplican y los productos se quedan desfasados de la noche a la mañana, las compañías que triunfan son aquellas que crean continuamente nuevos conocimientos, los difunden ampliamente por toda la organización y rápidamente los transforman en nuevas tecnologías y productos (Nonaka, 1991, p. 96).
- Una organización del aprendizaje describe, controla y mejora los procesos por los cuales se crea, adquiere, distribuye, interpreta, almacena, recupera y usa el conocimiento para conseguir el éxito a largo plazo de la organización (Kilmann, 1996, p. 208).

Como se aprecia, los planteamientos son diversos en su forma, pero mantienen un fondo conceptual sobre el propósito de la organización inteligente, aquella se basa en el aprendizaje para su desarrollo integral. Las organizaciones inteligentes presentan las siguientes características:

- Impulsa el aprendizaje
- Mejoran los modelos mentales enfocados en el aprendizaje organizacional
- Integran las visiones de los integrantes del sistema
- Están atentos al entorno para responder
- Motivan a sus actores a intentar hacer las cosas de otra manera a la forma conocida
- Se favorece el intercambio del conocimiento

## Disciplinas de la organización inteligente

### El pensamiento sistémico

Los sistemas son relaciones no percibidas con facilidad, pues constituyen interacciones que se dan en tiempo y espacio cuyos efectos se demoran en manifestarse; y cuentan con objetivos múltiples y difusos. El pensamiento sistémico, como disciplina eje de la propuesta de Senge, constituye la base del camino para entender la dinámica de las interrelaciones y poder actuar sobre el punto de apalancamiento.

El pensamiento sistémico, la quinta disciplina, permite comprender a los sistemas organizacionales en forma integral, la comprensión de los sub sistemas en relación al sistema, evaluar las acciones alineadas al propósito del sistema, enfocar el aprendizaje organizacional del sistema.

Leyes del pensamiento sistémicos de Senge (1992), son:

- “Los problemas de hoy derivan de las soluciones de ayer”.
- Cuanto más se presiona, más presiona el sistema.
- La conducta mejora antes de empeorar.
- El camino fácil lleva al mismo lugar.
- La cura puede ser peor que la enfermedad
- Lo más rápido es lo más lento.
- La causa y el efecto no están próximos en el tiempo y el espacio.
- Los cambios pequeños pueden producir resultados grandes, pero las zonas de mayor apalancamiento a menudo son las menos obvias.
- Se pueden alcanzar dos metas aparentemente contradictorias.
- Dividir un elefante por la mitad no genera dos elefantes pequeños.
- No hay culpa” (p. 90).

### Dominio personal

Senge (1992) plantea: “La gente con alto nivel de dominio personal es capaz de alcanzar coherentemente los resultados que más le importan: aborda la vida como un artista abordaría una obra de arte. Lo consigue consagrándose a un aprendizaje incesante” (p. 11).

Principios del dominio personal:

- Visión personal
- Sostener la tensión creativa
- Conflicto estructural
- Compromiso con la verdad

### Modelos mentales

Constituye la disciplina que permite aflorar, verifi-

car y mejorar las estructuras mentales de las personas que conduce a interpretar sobre cómo opera el mundo.

Principios de los modelos mentales:

- Apretura y mérito
- Reflexión e indagación
- Columna izquierda
- Teoría expuesta y teoría en uso

### Requerimientos de información en las disciplinas de la organización inteligente

En cada una de las disciplinas se consideraron ámbitos que comprendieron dimensiones relevantes sobre los cuales se tomaron en cuenta para identificar el estado del sistema en cada disciplina.

En la disciplina de modelos mentales, se consideró:

- Actitudes de las personas frente a la amenaza representada por la necesidad de aprender: capacitación e innovación.
- Capacidad de tomar decisiones informadas.
- Capacidad de expresar adecuadamente lo que piensa.
- Búsqueda adecuada de información.
- Actitud de cambio de modelos mentales.
- Sintonía entre teoría en uso y de acción.

En la disciplina de dominio personal, se consideró:

- Desarrollo de visión personal
- Coherencia entre fines y acciones
- Sostenimiento de la tensión creativa
- Concentración en actividades importantes
- Uso de experiencia personal
- Saber que es responsable de su realidad

En la disciplina de visión compartida, se consideró:

- Compromiso con la universidad
- Vinculación con la visión institucional
- Fortalecimiento organizacional de la visión

En la disciplina de aprendizaje en equipo, se consideró:

- Se propicia el intercambio de información
- Clima organizacional para el diálogo
- Reflexión sobre las acciones
- Inserción de ideas nuevas

En la disciplina de pensamiento sistémico, se consideró:

- Capacidad de hallar las causas de los problemas.
- Actitud proactiva.
- Búsqueda de soluciones sostenibles de largo plazo.
- Crecimiento basado en la capacidad de la organización.

- Capacidad de identificar el punto de apalancamiento.
- Reconocimiento de la participación de todos en los problemas organizacionales.

### Diseño de instrumentos

En base a los ámbitos de las disciplinas de la organización inteligentes, se diseñó la lista de cotejo considerando una adaptación de la escala de Likert de 5 puntos para obtener el estado de la UNCP en relación a la organización inteligente; bajo los siguientes valores:

- 1, cuando nunca se presenta la condición verificada
- 2, cuando casi nunca se presenta la condición verificada
- 3, cuando a veces se presenta la condición verificada
- 4, cuando casi siempre se presenta la condición verificada
- 5, cuando siempre se presenta la condición verificada

Los ítems de la lista de cotejo se basan en la investigación realizada por Pomajambo (2013), en su "Estudio descriptivo de los componentes de la organización inteligente en una institución educativa..."; el cual fue adaptada a la presente lista de cotejo.

En la siguiente Tabla 1, se muestra el instrumento diseñado y aplicado para evaluar los modelos mentales en la UNCP.

**Tabla 1**

*Apreciación de los modelos mentales en los trabajadores de la UNCP*

Criterios	1	2	3	4	5
Participa de capacitaciones vinculadas a su trabajo.					
Plantea ideas innovadores en el trabajo.					
Indaga antes de decidir.					
Dice adecuadamente lo que piensa.					
En diálogos, expresa sus ideas con sustento.					
Pide sustento sobre ideas planteadas.					
Disposición a cambiar de modelos mentales.					
Coherencia entre lo que dice que hacer y lo que hace.					

Para las demás disciplinas, se utilizó la misma escala en cada uno de los criterios y se realizó el procesamiento mediante promedios aritméticos en relación a la cantidad de encuestados y a la suma total por cada criterio y, para obtener el promedio global por cada

disciplina, se obtuvo el promedio aritmético de los promedios por cada criterio.

## Resultados

El cuestionario fue utilizado en la consulta a los trabajadores de la universidad para identificar la situación en cada disciplina de la organización inteligente, obteniéndose los siguientes resultados:

**Tabla 2**

*Identificación del estado en modelos mentales*

Criterios	Promedio
Participa de capacitaciones vinculadas a su trabajo	2.8
Plantea ideas innovadores en el trabajo	2.3
Indaga antes de decidir	2.4
Dice adecuadamente lo que piensa	2.2
En diálogos, expresa sus ideas con sustento	2.6
Pide sustento sobre ideas planteadas	2.5
Disposición a cambiar de modelos mentales	2
Coherencia entre lo que dice que hacer y lo que hace	2.2
<b>Promedio total</b>	<b>2.4</b>

La condición de los modelos mentales en la universidad es arraigada por las características de la organización, antigüedad e institución pública principalmente. Los valores calificados evidencian una resistencia al cambio por parte de sus integrantes, los cuales deberán ser enfrentadas estratégicamente para mejorar.

**Tabla 3**

*Identificación del estado en dominio personal*

Criterios	Promedio
Objetivos personales claros	3.1
Relación entre objetivos y acciones	3.4
Conoce sus debilidades	3.2
Sostenimiento de la tensión creativa	2.7
Compromiso con la verdad	2.2
Concentración en lo importante	2.4
Reconocimiento de estructuras subyacentes	2
Consciencia del grado de responsabilidad en los resultados	2.1
<b>Promedio total</b>	<b>2.6</b>

El dominio personal, se encuentra en una situación desvinculada con la totalidad de la universidad, será pertinente enfocar su desarrollo mediante acciones integrales desde el liderazgo y enfoque hacia los clientes internos y externos.

**Tabla 4***Identificación del estado en visión compartida*

<b>Criterios</b>	<b>Promedio</b>
Compromiso con el sistema a largo plazo	2.2
Comprensión de la visión de la universidad	2.4
Orientación de la institución al logro de sus fines	3.2
Relación entre visiones personales y la institucional	2.7
Coherencia entre acciones directivas y la visión institucional	3.3
Motivación de las acciones por la visión institucional	3.1
Se motiva a otros a lograr la visión institucional	3
Sintonía de la estructura de la universidad con la visión	2.8
<b>Promedio total</b>	<b>2.8</b>

Los integrantes del sistema se sienten desvinculados de la universidad, actúan en forma predominantemente individual y con resultados cortoplacistas.

**Tabla 5***Identificación del estado en aprendizaje en equipo*

<b>Criterios</b>	<b>Promedio</b>
Se facilita el intercambio de información a favor de la institución	2.6
Se propicia el diálogo y discusión	3.2
Se reflexiona sobre los acciones en la institución	2.9
Se tienen postura asertivas	3
se busca ideas emergentes	2.6
Se tienen posturas constructivas	3
<b>Promedio total</b>	<b>2.9</b>

El aprendizaje en equipo es la disciplina con mejor estado de las cinco; sin embargo, al considerar los anteriores resultados y entenderlos integralmente, es necesario canalizar el desempeño de equipos hacia el sistema total.

**Tabla 6***Identificación del estado en pensamiento sistémico*

<b>Criterios</b>	<b>Promedio</b>
Se evitan las soluciones sintomáticas	2.4
Actitud proactiva frente a los problemas	3
Ante una acción se espera con prudencia su resultado	2.5
Se evitan soluciones conocidas	3.3
Se llevan a cabo decisiones evaluadas y metódicas	2.8
Se comprende la estructura antes de decidir	2.6
<b>Promedio total</b>	<b>2.8</b>

Se aprecia un enfoque cortoplacista, lineal, con muchos paradigmas que anclan al sistema. Es necesario dirigir las acciones de mejora sobre las barreras que limitan el aprendizaje organizacional y desarrollar la interiorización de los integrantes sobre las disciplinas del pensamiento sistémico.

## Discusión

La identificación del estado de cada disciplina de la organización inteligente en la gestión de la Universidad Nacional del Centro del Perú, permite establecer un estado inicial en su camino hacia la inteligencia organizacional. El estado de aprendizaje inicial que tiene la institución está condicionada a la complejidad organizacional, la estructura burocrática, los modelos individuales de beneficios personales, fortalecidos desde su creación.

En la investigación realizada por Pomajambo (2013), se llevan a cabo valoraciones en cada disciplina en base a una escala de Likert, con apreciaciones cualitativas, y los resultados son cuantificados por cada valor de la escala y no en forma integral.

Suchar (2015) obtiene resultados al integrar planteamientos diversos orientando hacia la ventaja competitiva planteada por Porter, para lo cual sostiene que la estructura de la organización se cimienta en sus integrantes, quienes pasan de un trabajo operativo a crear o gestionar conocimiento.

Al tener la identificación del estado en las disciplinas de la organización inteligente, se comprende la génesis de los problemas que tiene la organización, por lo cual, deben ser abordadas para emprender el desarrollo hacia la meta de ser una organización inteligente.

## Conclusiones

- Se estableció el estado situacional de las disciplinas de la organización inteligente en la Universidad Nacional del Centro del Perú, el cual se encuentra en un estado inicial hacia una organización inteligente, con un valor global de 2.7, en una escala de 1 a 5.
- Se llevó a cabo la valoración del estado situacional de cada disciplina de la organización inteligente en la Universidad Nacional del Centro del Perú.
- Los estados en cada disciplina son interactuantes.
- El resultado de cada disciplina permite identificar las causas subyacentes a superar para el desarrollo hacia una organización inteligente.

## Referencias bibliográficas

- Suchar, Daniel. (2015). *Organizaciones inteligentes y gestión del conocimiento*. Universidad Fidelitas. San José.
- Pomajambo, Mario. (2013). *Estudio descriptivo de los componentes de la organización inteligente en una institución educativa pública de Villa el Salvador*. Lima.
- Senge, Peter. (2004). *La Quinta Disciplina. El arte y la práctica de la organización abierta al aprendizaje*. Edit. Gránica, España.
- Brickley, James; Smith, Clifford; Zimmerman, Jerold & Willett, Janece. (2003). *Diseño de las organizaciones para crear valor*, México: McGraw Hill Interamericana.



# Dinámica de cambios de usos de suelo mediante agentes inteligentes y cadenas de Markov en el distrito de Huancayo

## Dynamic of land use change through smart agent and Markov chains in Huancayo district

Saúl Arauco Esquivel<sup>1</sup>, Héctor Huamán Samaniego<sup>1</sup>, Gabriel Soriano Córdova<sup>2</sup>

E-mail: searauco@uncp.edu.pe / hhuaman@uncp.edu.pe / 2013200531b@uncp.edu.pe

### Cómo citar

Arauco Esquivel, S.; Huamán Samaniego, H. & Soriano Córdova, G. (2020). *Dinámica de cambios de usos de suelo mediante agentes inteligentes y cadenas de Markov en el distrito de Huancayo*. *Prospectiva Universitaria, Revista de la UNCP*. 17(1), 149-158. <https://doi.org/10.26490/uncp.prospectivauniversitaria.2020.17.1387>

### Resumen

El cambio de usos del suelo en la ciudad de Huancayo se ha incrementado de manera descontrolada, debido a la migración de población rural a la ciudad, generando la formación de anillos concéntricos y desplazamiento del suelo agrícola para el desarrollo de otras actividades. El análisis del impacto de los cambios de uso de suelo en la zona rural – urbana de la ciudad de Huancayo se produce en la zona periurbana. Este trabajo de investigación se justifica porque ayuda a comprender el comportamiento del crecimiento urbano de la ciudad, mediante el uso de los agentes inteligentes y las cadenas de Markov.

El trabajo tiene como objetivo determinar la influencia de los cambios de usos de suelo en la distribución de las actividades sociales, económicas y comerciales en el distrito de Huancayo. El método de investigación es el Corine Land Cover, a partir de la teoría del crecimiento urbano se determina el cambio dinámico de uso de suelo. El cambio de uso de suelo de las vías aumenta en un 37 %, así mismo, se evidencia que el cambio de uso de suelo para el crecimiento urbano alcanzará un 19 % y 16 % de disminución del suelo agrícola.

**Palabras clave:** dinámica de cambios, usos de suelo, cadenas de Markov, agentes inteligentes, migración, crecimiento urbano

### Abstract

The change of land uses in Huancayo city has increased uncontrollably, due to the migration of rural population to the city, generating the formation of concentric rings, and displacement of agricultural soil for the development of other activities. Analysis of the impact of land use changes in the rural – urban area of Huancayo city occurs in the periurban area. This research work is justified because it helps to understand the behavior of urban growth in the city, through the use of smart agents and Markov chains.

The work aims to determine the influence of changes in land uses on the distribution of social, economic and commercial activities in Huancayo district. The research method is the Corine Land Cover in which the dynamic change in land use is determined from the urban growth theory. The change in land use of tracks increases by 37 %, and it is also shown that the change in land use for urban growth will reach 19 % and 16 % decrease in agricultural land.

**Keywords:** dynamics of changes, land uses, Markov chains, intelligent agents, migration, urban growth.

<sup>1</sup>Docente de la Facultad de Ingeniería de Sistemas- UNCP / <sup>2</sup>Investigador externo

## Introducción

En la ciudad de Huancayo, en los últimos 30 años, se ha venido incrementando de manera abrupta el crecimiento demográfico urbano, esto ha afectado el cambio de usos del suelo para las diversas actividades económicas, comerciales y sociales. A través de la investigación, se busca determinar el cambio dinámico de los usos de suelo y ver cómo este influye en el desarrollo de las actividades económicas, comerciales y sociales.

El objetivo de este trabajo es la determinación de la influencia de la dinámica de cambio de uso de suelo en las actividades sociales, económicas y comerciales en el distrito de Huancayo, para ello se utilizó como herramienta de análisis el uso de los agentes inteligentes y las cadenas de Markov, para el análisis en el tiempo.

Según Díaz (2015), quien evalúa los cambios de usos de suelo basado en un modelo dinámico con el uso de autómatas celulares, tomando como casos de estudio la ciudad de Madrid; según el autor, las ciudades modernas tienen un crecimiento emergente producto de la interacción de la multitud de elementos que interviene en ella, esto obedece a una auto organización. Sin embargo, se piensa que el crecimiento obedece a características políticas, una planificación adecuada, la intervención de los gobiernos locales y hasta el gobierno central, esto diverge con la realidad que enfrentan las ciudades. Muchos de los modelos que se proponen obedecen a teorías económicas econométricas que no siempre se adaptan a un contexto de crecimiento urbano.

El crecimiento urbano, no siempre es el adecuado para una distribución espacial; según Damían (2017), las ciudades que están en crecimiento obedecen a tendencias, económicas, comerciales, turísticas, etc., este crecimiento es producto de la intervención del ser humano, como consecuencia de la desigualdad social en la población generando espacio físico que no siempre están de acuerdo con el desarrollo sostenible urbano, afectando de manera directa con el cambio de usos de suelo. En el caso de la ciudad de Huancayo, el gobierno local y los gobiernos distritales no ha tenido una visión de crecimiento urbano sostenido, orientado al crecimiento vertical para mitigar el crecimiento horizontal.

El estudio comprende el área urbana de la ciudad de Huancayo, en donde los usos del suelo son: Residencial, comercial, industrial, agrícola, equipamiento existente y las áreas de reserva para las vías urbanas.

Según Arana (2018), el crecimiento urbano del país es de manera desordenada y acelerada, donde los cambios de usos del suelo se han ido incrementando de manera significativa, en especial en la ciudad de Huancayo, para su análisis utiliza el método el modelo Corine Land Cover, adoptado por el Perú en el año 2015 por el Ministerio del Ambiente (MINAM); según los resultados, se observa que se ha generado en áreas artificializadas, es decir, se ha generado un tejido urbano discontinuo y disperso, produciéndose pérdidas en las áreas húmedas y superficies de agua.

Los cambios de uso de suelo han dado lugar a las actividades económicas, sociales y comerciales que viene desarrollándose en la ciudad de Huancayo.

La ciudad de Huancayo es considerada como metrópoli por las actividades económicas, comerciales y sociales que se dan de manera intensa, producto de ello ha afectado a las áreas agrícolas como consecuencia del crecimiento demográfico, la economía de mercado y el problema de la migración. Según Haller (2017), este crecimiento está impactando en el área agrícola, disminuyendo la superficie de agua en la ciudad. Si se continúa con esta tendencia a futuro, la ciudad carecerá de agua y áreas verdes para la convivencia de las personas, ello debe capturar la atención del lector.

Los agentes inteligentes son importantes para la determinación de los usos del suelo de una ciudad, por su capacidad para poder interactuar y desarrollar actividades de pronóstico para determinar tendencias de crecimiento.

Las cadenas de Markov, se utilizan para generar escenarios prospectivos, a través de ellos se ha podido determinar los cambios de usos de suelo y de las superficies, esta herramienta es útil para el análisis de la evolución espacial del paisaje que viene afectando el desarrollo urbano. Las cadenas de Markov, utilizan matrices de transición para realizar los pronósticos en el tiempo de los usos del suelo de la ciudad de Huancayo, desde el año 1995 al 2035.

## Materiales y métodos

Se utiliza las imágenes del satélite Landsat 7, descargando las imágenes de los años 1995 al 2015, la resolución de las imágenes utilizadas es de 30 metros espacial. El procesamiento de las imágenes se realizó utilizando el software de Dinámica EGO; a partir de ello, se delimitó los límites del estudio. Así mismo, se han determinado los mapas temáticos para los años 1995, 2000, 2005, 2010 y 2015. Los datos de los usos de los suelos se muestran a continuación.

**Tabla 1***Usos del suelo de la ciudad de Huancayo*

ACMH: área ocupada por diversos usos urbanos			
Nº	Uso	Área (ha)	%
1	Predominio residencial	2005.15	22.91
2	Predominio comercial	254.39	2.91
3	Industrial	12.89	0.15
4	Agrícola – Forestal	4078.24	46.6
5	Equipamientos existentes	455.25	5.2
5.1	Educativo	176.5	2.02
5.2	Salud	18.6	0.21
5.3	Recreación	106.62	1.22
5.4	Comerciales	15.52	0.18
5.5	Administrativos	15.64	0.18
5.6	Culturales	12.41	0.14
5.7	Seguridad	1.04	0.01
5.8	Transporte	18.12	0.21
5.9	Usos especiales	90.8	1.04
6	Área reservada para equipamiento	348.15	3.98
6.1	Educativo	30.95	0.35
6.2	Salud	6.37	0.07
6.3	Recreación	121.42	1.39
6.4	Comerciales	37.34	0.43
6.5	Administrativos	0.15	0
6.6	Culturales	3.14	0.04
6.7	Seguridad	0.01	0
6.8	Transporte	17.67	0.2
6.9	Usos especiales	131.1	1.5
7	Vías urbanas	1597.77	18.26
<b>Total</b>		<b>8751.84</b>	<b>100</b>

Fuente: MPH, 2015

Luego de conocer los usos de suelo hasta el año 2015, el mayor porcentaje de crecimiento fue desde el año 1995 al 2015, especialmente, en el área urbana y las vías de comunicación, producto de ello el área agrícola se ha visto disminuido. Luego de este análisis se utilizó las cadenas de Markov en base a metodología descrita por Prieto, et al. (2015), y la simulación se ha realizado usando los agentes inteligentes y las cadenas de Markov, utilizando diversos softwares como: Dinámico Ego y el Idrisi Selva para la construcción de los mapas temáticos y Python, este último es donde se ha programado los agentes. En el análisis realizado se ha simulado desde el año 1995 al 2035.

En el modelo para determinar la sensibilidad, se ha utilizado criterios que no han cambiado por más de dos décadas, esto son: la elevación, la pendiente y la distancia de las vías urbanas a los centros más poblados. La validación del modelo, ha podido comparar los resultados obtenidos de los cambios de usos de

suelo con los mapas de zonificación de la Municipalidad Provincial de Huancayo. La simulación está comprendida entre los años 1995 y 2035.

En la investigación, de acuerdo con los objetivos que es la determinación de la influencia de los cambios dinámicos de usos de suelo en las actividades: económico, social y comercial, el diseño para este estudio es correccional, según Hernández (2015), se busca la relación o grado de acercamiento que existe entre variables; por otro lado, el carácter de la investigación es longitudinal. Ver Figura 1.

**Figura 1**

Diseño de investigación propuesto, esta investigación corresponde a una investigación no experimental de corte longitudinal y el diseño de paneles para el muestreo de la ciudad por sectores.



El diseño de la investigación longitudinal tiene como variables:

- **Variable independiente:** Dinámica de cambios de uso de suelo.
- **Variable dependiente:** influencia en las actividades económicas, comerciales y sociales.

**Figura 2**

Diseño de la investigación de corte longitudinal, en él se ha recopilado información desde el año 1995 al 2035.



La población para el estudio consideró la ciudad de Huancayo, por ser la metrópoli con una población mayor a 500 mil habitantes. También se ha considerado los distritos de Huancayo, El Tambo y Chilca quienes son los que tienen mayor población.

La muestra para este análisis son los tres distritos con mayor población y la unidad de análisis es el distrito de Huancayo, porque se tiene mayor dinámica en los cambios de usos de suelos. La muestra es del tipo no probabilístico, por la elección de los elementos no dependen de la probabilidad.

El instrumento para la recolección de datos de los mapas satelitales de la ciudad de Huancayo es con la metodología Land Corine Cover, la misma que ha sido validado por el MINAM (2014) en procesamiento de los datos de las imágenes satelitales fue con el software Dinámica EGO.

## Resultados

Los cambios de usos del suelo en las dos últimas décadas han sido de manera abrupta, como consecuencia se ha producido pérdidas de la superficie agrícola, así como, en la superficie de agua.

Los usos de suelo de la ciudad de Huancayo hasta el año 2015 están indicadas en la Tabla 2, expresado en sus siete dimensiones, haciendo un total de 8751.84 Ha.

**Tabla 2**

*Distribución de los usos de suelo*

Nº	Uso	Área (ha)	%
1	Predominio residencial	2005.15	22.9
2	Predominio comercial	254.39	2.9
3	Industrial	12.89	0.1
4	Agrícola - Forestal	4078.24	46.6
5	Equipamiento existente	455.25	46.6
6	Área reservada para equipamiento	348.15	4.0
7	Vías urbanas	1597.77	18.3
<b>Total</b>		<b>8751.84</b>	<b>100</b>

*Fuente:* MPH, 2015

Para los cambios de uso de suelo en la modelación, se ha utilizado en índice Kappa = 0.82 que considera los criterios de elevación, distancia, entre otros.

La matriz de transición para el cambio de usos de suelo para el año 1995. Ver Tabla 3.

**Tabla 3**

*Matriz de transición de la cadena Markov – 1995*

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	Suma
P1: 1 Predominio residencial	0.2291	0.0100	0.2000	0.2000	0.2000	0.0200	0.1409	1.000
P2: 2 Predominio	0.0291	0.0300	0.4000	0.3000	0.1000	0.0200	0.1209	1.000
P3: 3 Industrial	0.0015	0.0010	0.3000	0.4000	0.2500	0.0010	0.0465	1.000
P4: 4 Agrícola – Forestal	0.4660	0.2000	0.0000	0.2000	0.0000	0.0000	0.1340	1.000
P5: 5 Equipamiento existentes	0.0520	0.0100	0.2000	0.3000	0.2000	0.1200	0.1180	1.000
P6: 6 Área reservada para equipamiento	0.0398	0.4000	0.3000	0.0000	0.2000	0.0100	0.0500	1.000
P7: 7 Vías urbanas	0.1826	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.8174	1.0000

Estado inicial para la distribución de usos de suelo, se muestra en la Tabla 04.

**Tabla 4**

*Estado inicial de la distribución de uso de suelo.*

Estado inicial							
P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	Suma
0.2291	0.0100	0.2000	0.2000	0.2000	0.0200	0.1409	1.000

El uso del suelo en el año 1995, indica que la zona residencial (P1), es más significativa en comparación con las demás dimensiones o áreas, seguido de las áreas agrícolas, equipamiento.

La matriz de transición para el cambio de usos de suelo para el año 2000, se muestra en la Tabla 5.

**Tabla 5**

*Matriz de transición de la cadena Markov – 2000*

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	Suma
P1: 1 Predominio residencial	0.2291	0.0100	0.2000	0.2000	0.2000	0.0200	0.1409	1.000
P2: 2 Predominio	0.0291	0.0300	0.4000	0.3000	0.1000	0.0200	0.1209	1.000
P3: 3 Industrial	0.0015	0.0010	0.3000	0.4000	0.2500	0.0010	0.0465	1.000
P4: 4 Agrícola – Forestal	0.4660	0.2000	0.0000	0.2000	0.0000	0.0000	0.1340	1.000
P5: 5 Equipamiento existentes	0.0520	0.0100	0.2000	0.3000	0.2000	0.1200	0.1180	1.000
P6: 6 Área reservada para equipamiento	0.0398	0.4000	0.3000	0.0000	0.2000	0.0100	0.0500	1.000
P7: 7 Vías urbanas	0.1826	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.8174	1.0000

El estado final de uso de suelo para el año 2000, se muestra en la Tabla 6.

**Tabla 6**

*Estado final de la distribución de uso de suelo*

Estado final 2000							
P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	Suma
0.1832	0.0528	0.1558	0.2288	0.1408	0.0292	0.2094	1.000

En el año 2000, el uso de suelo en la parte residencial ha disminuido, mientras que el uso de las vías de comunicación esta incrementado (P7).

La matriz de transición para el cambio de los usos de suelo para el año 2005, se muestra en la Tabla 7.

**Tabla 7**

*Matriz de transición de la cadena Markov – 2005*

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	Suma
P1: 1 Predominio residencial	0.1832	0.0528	0.1558	0.2288	0.1408	0.0292	0.2094	1.000
P2: 2 Predominio	0.1760	0.0706	0.1638	0.2648	0.1328	0.0138	0.1782	1.000

3	P3: Industrial	0.2087	0.0832	0.1410	0.2756	0.1256	0.0304	0.1355	1.000
4	P4: Agrícola – Forestal	0.2302	0.0507	0.1732	0.1932	0.1132	0.0133	0.2262	1.000
5	P5: Equipamien- to existentes	0.1890	0.1110	0.1504	0.2134	0.1254	0.0266	0.1841	1.000
6	P6: Área reservada para equipa- miento	0.0411	0.0187	0.3010	0.3080	0.1650	0.0332	0.1329	1.000
7	P7: Vías urbanas	0.1911	0.0018	0.0365	0.0365	0.0365	0.0037	0.6939	1.0000

El estado final del uso de suelo para el año 2005, se muestra en la Tabla 8.

**Tabla 8**

*Estado final de la distribución de uso de suelo*

Estado final 2005								
P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	Suma	
0.1971	0.0624	0.1414	0.2028	0.1149	0.0221	0.2593	1.000	

Los estados de usos de suelo en la parte residencial se siguen manteniendo una tendencia a disminuir, mientras que las vías están en aumento.

La matriz de transición para los cambios de usos de suelo para el año 2010, se muestra en la Tabla 9.

**Tabla 9**

*Matriz de transición de la cadena Markov – 2010*

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	Suma
1 P1: Predominio residencial	0.1959	0.0545	0.1364	0.1897	0.1084	0.0193	0.2957	1.000
2 P2: Predominio	0.1995	0.0567	0.1386	0.1944	0.1101	0.0193	0.2814	1.000
3 P3: Industrial	0.1966	0.0574	0.1467	0.2030	0.1151	0.0200	0.2611	1.000
4 P4: Agrícola – Forestal	0.1969	0.0532	0.1313	0.1877	0.1074	0.0195	0.3040	1.000
5 P5: Equipamien- to existentes	0.1947	0.0559	0.1394	0.1970	0.1113	0.0194	0.2824	1.000
6 P6: Área reservada para equipa- miento	0.2025	0.0633	0.1449	0.2071	0.1119	0.0207	0.2494	1.000
7 P7: Vías urbanas	0.1910	0.0205	0.0735	0.0956	0.0664	0.0108	0.5423	1.0000

El estado final de uso de suelo para el año 2010, se muestra en la Tabla 10.

**Tabla 10**

*Estado final de la distribución de uso de suelo*

Estado final 2010								
P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	Suma	
0.1959	0.0545	0.1364	0.1897	0.1084	0.0193	0.2957	1.000	

El uso del suelo en el año 2010, se puede observar que la zona residencial se mantiene, mientras que la zona del parte industrial ha tenido un ligero aumento.

La matriz de transición para los cambios de usos de suelo para el año 2015, se muestra en la Tabla 11.

**Tabla 11**

*Matriz de transición de la cadena Markov – 2015*

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	Suma
1 P1: Predominio residencial	0.1949	0.0450	0.1189	0.1647	0.0972	0.0170	0.3623	1.000
2 P2: Predominio	0.1950	0.0455	0.1198	0.1661	0.0978	0.0171	0.3587	1.000
3 P3: Industrial	0.1951	0.0462	0.1211	0.1681	0.0987	0.0173	0.3534	1.000
4 P4: Agrícola – Forestal	0.1949	0.0447	0.1183	0.1638	0.0968	0.0169	0.3646	1.000
5 P5: Equipamien- to existentes	0.1950	0.0455	0.1197	0.1660	0.0978	0.0171	0.3589	1.000
6 P6: Área reservada para equipa- miento	0.1952	0.0466	0.1218	0.1692	0.0992	0.0174	0.3505	1.000
7 P7: Vías urbanas	0.1934	0.0364	0.1029	0.1402	0.0863	0.0148	0.4260	1.0000

El estado final de uso de suelo para el año 2015, se muestra en la Tabla 12.

**Tabla 12**

*Estado final de la distribución de uso de suelo*

Estado final 2015								
P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	Suma	
0.1955	0.0505	0.1294	0.1806	0.1043	0.0183	0.3214	1.000	

El estado final del uso del suelo en el año 2015, se puede observar que la zona residencial se mantiene, mientras que la zona industrial tiene un ligero aumento; de igual manera, el área de uso de las vías sigue en aumentado.

La matriz de transición para los cambios de uso de usos de suelo para el año 2020, se muestra en la Tabla 13.

**Tabla 13**

*Matriz de transición de la cadena Markov – 2020*

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	Suma
1 P1: Predominio residencial	0.1944	0.0421	0.1134	0.1563	0.0935	0.0162	0.3840	1.000
2 P2: Predominio	0.1944	0.0421	0.1135	0.1564	0.0935	0.0162	0.3838	1.000
3 P3: Industrial	0.1944	0.0422	0.1136	0.1566	0.0936	0.0163	0.3834	1.000
4 P4: Agrícola – Forestal	0.1944	0.0421	0.1134	0.1563	0.0934	0.0162	0.3841	1.000
5 P5: Equipamien- to existentes	0.1944	0.0421	0.1135	0.1564	0.0935	0.0162	0.3838	1.000
6 P6: Área reservada para equipa- miento	0.1944	0.0422	0.1136	0.1566	0.0936	0.0163	0.3831	1.000
7 P7: Vías urbanas	0.1943	0.0415	0.1124	0.1547	0.0927	0.0161	0.3882	1.0000

El estado final de uso de suelo para el año 2020, se muestra en la Tabla 14.

**Tabla 14**

*Estado final de la distribución de uso de suelo*

Estado inicial								
P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	Suma	
0.1954	0.0481	0.1245	0.1734	0.1010	0.0177	0.3398	1.000	

El estado final del uso del suelo para el año 2020, en él se observa que la zona residencial se mantiene constante, mientras que las vías urbanas continúan en aumento del uso del suelo.

La matriz de transición para los cambios de usos de suelo para el año 2025, se muestra en la Tabla 15.

**Tabla 15**

*Matriz de transición de la cadena Markov – 2025*

		P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	Suma
1	P1: Predominio residencial	0.1944	0.0419	0.1130	0.1557	0.0932	0.0162	0.3855	1.000
2	P2: Predominio	0.1944	0.0419	0.1130	0.1557	0.0932	0.0162	0.3855	1.000
3	P3: Industrial	0.1944	0.0419	0.1130	0.1557	0.0932	0.0162	0.3855	1.000
4	P4: Agrícola – Forestal	0.1944	0.0419	0.1130	0.1557	0.0932	0.0162	0.3855	1.000
5	P5: Equipamiento existentes	0.1944	0.0419	0.1130	0.1557	0.0932	0.0162	0.3855	1.000
6	P6: Área reservada para equipamiento	0.1943	0.0419	0.1130	0.1557	0.0932	0.0162	0.3854	1.000
7	P7: Vías urbanas	0.1944	0.0419	0.1130	0.1557	0.0932	0.0162	0.3855	1.0000

El estado final de uso de suelo para el año 2025, se muestra en la Tabla 16.

**Tabla 16**

*Estado final de la distribución de uso de suelo*

Estado inicial								
P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	Suma	
0.1952	0.0463	0.1212	0.1683	0.0988	0.0173	0.3530	1.000	

Para el año 2025, se observa que la zona residencial se mantiene, mientras que el uso del suelo de las vías continúa en aumento.

La matriz de transición para el cambio de usos de suelo para el año 2030, se muestra en la Tabla 17.

**Tabla 17**

*Matriz de transición de la cadena Markov – 2030*

		P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	Suma
1	P1: Predominio residencial	0.1943	0.0419	0.1130	0.1557	0.0932	0.0162	0.3855	1.000
2	P2: Predominio	0.1943	0.0419	0.1130	0.1557	0.0932	0.0162	0.3855	1.000

3	P3: Industrial	0.1943	0.0419	0.1130	0.1557	0.0932	0.0162	0.3855	1.000
4	P4: Agrícola – Forestal	0.1943	0.0419	0.1130	0.1557	0.0932	0.0162	0.3855	1.000
5	P5: Equipamiento existentes	0.1943	0.0419	0.1130	0.1557	0.0932	0.0162	0.3855	1.000
6	P6: Área reservada para equipamiento	0.1943	0.0419	0.1130	0.1557	0.0932	0.0162	0.3854	1.000
7	P7: Vías urbanas	0.1943	0.0419	0.1130	0.1557	0.0932	0.0162	0.3855	1.0000

El estado final de uso de suelo para el año 2030, se muestra en la Tabla 18.

**Tabla 18**

*Estado final de la distribución de uso de suelo-2030*

Estado inicial								
P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	Suma	
0.1949	0.0450	0.1189	0.1647	0.0972	0.0170	0.3623	1.000	

Para el año 2030 el estado final del uso indica que la zona residencial se mantiene, mientras que las vías siguen en aumento.

La matriz de transición para los cambios de usos de suelo para el año 2035, se muestra en la Tabla 19.

**Tabla 19**

*Matriz de transición de la cadena Markov – 2035*

		P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	Suma
1	P1: Predominio residencial	0.1943	0.0419	0.1130	0.1557	0.0932	0.0162	0.3854	1.000
2	P2: Predominio	0.1943	0.0419	0.1130	0.1557	0.0932	0.0162	0.3854	1.000
3	P3: Industrial	0.1943	0.0419	0.1130	0.1557	0.0932	0.0162	0.3854	1.000
4	P4: Agrícola – Forestal	0.1943	0.0419	0.1130	0.1557	0.0932	0.0162	0.3854	1.000
5	P5: Equipamiento existentes	0.1943	0.0419	0.1130	0.1557	0.0932	0.0162	0.3854	1.000
6	P6: Área reservada para equipamiento	0.1943	0.0418	0.1130	0.1557	0.0931	0.0162	0.3853	0.999
7	P7: Vías urbanas	0.1943	0.0419	0.1130	0.1557	0.0932	0.0162	0.3854	1.0000

El estado final de uso de suelo para el año 2035, se muestra en la Tabla 20.

**Tabla 20**

*Estado final de la distribución de uso de suelo-2035*

Estado inicial								
P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	Suma	
0.1948	0.0441	0.1172	0.1621	0.0960	0.0167	0.3690	1.000	

En la Tabla 20, se observa que los usos de suelo, con lo que respecta a las vías, se han incrementado

de manera significativa, mientras que el predominio residencial ha disminuido.

En la Figura 03, se muestra la evolución de los cambios de usos de suelo desde el año 1995 al 2035 y cuáles han sido los más significativos, considerando las siete dimensiones de análisis que se tiene propuesto.

**Figura 3**

*Evolución de los cambios de usos de suelo 1995 – 2035*

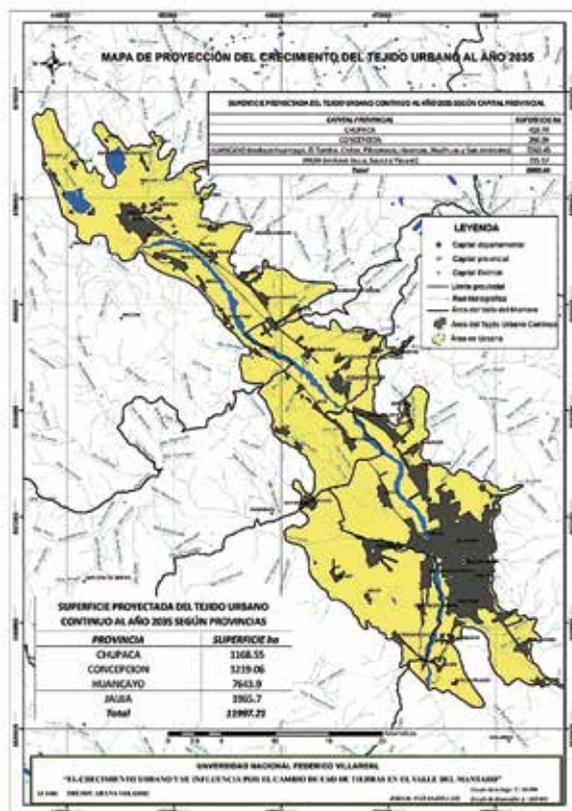


En él se puede apreciar que el mayor crecimiento se ha producido son en las vías hasta un 37 % estimado para el año 2035, seguido del crecimiento urbano que alcanza un 19 % de uso. El suelo agrícola se observa que disminuirá hasta un 16 % hasta el año 2035.

Los resultados en el mapa del cambio de usos de suelo para las diversas actividades para el año 2035 se muestran en el siguiente mapa. Ver Figura 4.

**Figura 4**

*Mapa de cambio de usos de suelo*



Los resultados del pronóstico con la cadena de Markov y las imágenes encontradas por Arana (2018), coinciden en ambos casos, nos demuestran que los cambios de usos de suelo en la ciudad de Huancayo se están dando de manera significativa y que estos están afectando a las actividades: comerciales, económica y sociales.

**Discusión**

Según los resultados obtenidos de la investigación, demuestra que existe concordancia con los resultados obtenidos por Arana (2018), donde los cambios de usos de suelo a afectado a la disminución de la superficie agrícola y la superficie de agua esto se puede ver en el incremento de las vías de comunicación, así como el uso en la parte residencial.

Por otro lado, Heller (2017) publica el impacto del crecimiento urbano en el cambio de uso de suelo, donde el crecimiento se produce en los dos ejes, de norte a sur y de este a oeste, creándose polos de desarrollo, uno de los medios para este desarrollo son el incremento de las vías de comunicación; por lo tanto, el estudio coincide en este aspecto al afirma del aumento de vías de comunicación y como consecuencia el aumento las áreas residenciales, comerciales y espacios para actividades sociales, que ayudan a generar polos de desarrollo y la atracción para la migración del campo a la ciudad. Ese modelo, tiene como alcance el análisis del distrito de Huancayo por ser considerada como una ciudad metropolitana.

Los cambios de usos de suelo han impactado en las actividades económicas, sociales y comerciales debido a la migración, donde la economía de mercado que atrae a la población con menos recursos.

**Conclusiones**

- La metodología de Markov, en esta investigación, mostró ser muy útil para el análisis de los cambios dinámicos de uso de suelo en la ciudad de Huancayo, esta ha permitido generar escenarios prospectivos desde del año 1995 al 2035. Se ha podido evidenciar que los cambios de usos de suelo, según el modelo, influyen en las actividades comerciales, económicas y sociales.
- En la dimensión comercial, se puede apreciar que tiene un crecimiento desde el 1 % hasta el 6 % y, partir de ahí, se mantiene constante.
- En la dimensión económica, debido a los cambios de usos de suelo, han generado un aumento de actividades económicas, esto se puede apreciar con la migración del campo hacia la ciudad y el aumento de las áreas residenciales en las zonas periurbana de la ciudad de Huancayo, este crecimiento para el año 2035 sería de un 16 %.

- En la dimensión social, indica que se va a producir polos de desarrollo debido a los cambios de usos de suelo apareciendo el incremento de las áreas de equipamiento para salud, educación y esparcimiento, para el año 2035 estaría representando un 35 %.
- Por lo tanto, el crecimiento en el uso del suelo es 37 % estimado para el año 2035, seguido del crecimiento urbano que alcanza un 19 % de uso para el año 2035. El suelo agrícola, se observa que disminuirá hasta un 16 % hasta el año 2035.
- El uso del modelo de las cadenas de Markov, utilizada como herramienta de pronóstico para generar escenario futuro, es muy útil; este mismo análisis, puede aplicarse a otros contextos que necesiten simular, como por ejemplo el crecimiento habitacional y determinación de los polos de desarrollo.

## Referencias bibliográficas

- Aguilar Benavente, F.; Soria Lara, J. & Valenzuela Montes, L. (2014). *Explorando el crecimiento en la aglomeración urbana de Granada: Un modelo basado en Autómatas Celulares*. Obtenido de Explorando el crecimiento en la aglomeración urbana de Granada: Un modelo basado en Autómatas Celulares: [http://www.age-geografia.es/tig/docs/XII\\_1/001%20-%20Aguilera%20Benavente%20et%20al.pdf](http://www.age-geografia.es/tig/docs/XII_1/001%20-%20Aguilera%20Benavente%20et%20al.pdf)
- Aguilera Benavente, F.; Plata Rocha, W.; Bosque Sendra, J. & Gómez Delgado, M. (2009). *Diseño de simulación de escenarios de demanda de suelo urbano en ámbitos metropolitanos*. Obtenido de <https://core.ac.uk/download/pdf/39061131.pdf>
- Aguilera Benavente, F. (2006). *Predicción del crecimiento urbano mediante sistemas de información geográfica y modelos en autómatas celulares*. Revista Internacional de Ciencia y Tecnología de la Información Geográfica, 32.
- Aguilera Benavente, F. (2006). *Predicción del crecimiento urbano mediante sistemas de información geográfica y modelos en autómatas celulares*. Revista Internacional de Ciencia y Tecnología de la Información Geográfica (6), 81-112. Recuperado el 10 de febrero de 2018
- Aguilera Benavente, F. & Gómez Delgado, M. (2014). *Simulación de modelos de crecimiento urbano: Método de comparación con mapas reales*. Tecnología de la información Geográfica, 1000 - 1013. Obtenido de <https://www.researchgate.net/publication/228948435>
- Álvarez - Plau, E.; Barquin, R.; Macias, O.; Marti-Henneberg, J.; Morillas, M.; Ortuñez, P. P. & Solanas, J. (2015). *El factor ferroviario en el crecimiento urbano. España, 1850 - 1960*. VII Congreso de Historia ferroviaria, (pág. 29). Madrid. Obtenido de [http://openaccess.uoc.edu/webapps/o2/bitstream/10609/74591/1/170620\\_FinalArticulo.pdf](http://openaccess.uoc.edu/webapps/o2/bitstream/10609/74591/1/170620_FinalArticulo.pdf)
- Arana Velarde, F. (2018). *Repositorio de la UNFV*. Obtenido de Tesis: <http://www.UNFV.edu.pe/repositorio-de-tesis>
- Arquitectura-UNCP. (2017). *Revista de arquitectura*. Obtenido de Revista de arquitectura: <http://www.uncp.edu.pe/?q=noticia/arquitectura-uncp-presentara-3ra-edicion-de-revista-cientifica-arquitextual>
- Banco Mundial. (2019). *Desarrollo urbano*. Obtenido de <https://www.bancomundial.org/es/topic/urbandevelopment/overview>
- Barrantes Sotela, O.; Sandoval Murillo, L. & Mora Ramírez, J. (2015). *Procesos de crecimiento y renovación urbana para la propuesta para ampliación de los cuadrantes urbanos en Santa Bárbara de Heredia, Costa Rica 2014*. Revista de Geografía de América Latina, 63 - 93.
- Baxendale, C. A. & Buzai, G. D. (2011). *Dinámica de crecimiento urbano y pérdidas de suelos productivos en el Gran Buenos Aires (Argentina) 1869 - 2011*. Análisis espacial basado en Sistemas de Información. Serie Geográfica, 21.
- Buzai, G. D. (2005). *Actualización de cálculos y distribuciones espaciales a través de la cadena de Markov y autómatas celulares: Pérdidas de suelos en el área metropolitana de Buenos Aires 2001*. Jornadas de Ecología del Paisaje, 20.
- Cantergian, C.; Aguilera Benavente, F. & Gómez Delgado, M. (2015). *Instrumentos de simulación prospectiva del crecimiento urbano*. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/261296148\\_Instrumentos\\_de\\_simulacion\\_prospectiva\\_del\\_crecimiento\\_urbano?enrichId=rgreq-112aaf8d4491670f40cb1caf6a6e-57fa-XXX&enrichSource=Y292ZXJQYWdlOzI2MTI5NjE0ODtBUzoyOTcxOTc0NjQ3Njg-1MTNAMTQ0Nzg2ODgwNTI5Mg%3D%3D&](https://www.researchgate.net/publication/261296148_Instrumentos_de_simulacion_prospectiva_del_crecimiento_urbano?enrichId=rgreq-112aaf8d4491670f40cb1caf6a6e-57fa-XXX&enrichSource=Y292ZXJQYWdlOzI2MTI5NjE0ODtBUzoyOTcxOTc0NjQ3Njg-1MTNAMTQ0Nzg2ODgwNTI5Mg%3D%3D&)
- Cantergiani, C. & Gómez Delgado, M. (2016). *Diseño de un modelo basado en agentes para simular el crecimiento urbano en el corredor de Henares (Comunidad de Madrid)*. Obtenido de [http://www.theadgateway.com/jump/next.php?r=1811251&pub\\_hash=5c8fb-61d8f409523674866&sub1=1110767427](http://www.theadgateway.com/jump/next.php?r=1811251&pub_hash=5c8fb-61d8f409523674866&sub1=1110767427)
- Diaz Pacheco, J. (2015). *Ciudades autómatas celulares y sistemas complejos; Evaluación de un modelo dinámico*

- de cambio de usos de suelos urbano de Madrid. Madrid, España. Obtenido de <http://eprints.ucm.es/34202/1/T36651.pdf>
- Díaz Pacheco, J. (20 de marzo de 2015). *Ciudades, Autómatas Celulares y Sistemas Complejos: Evaluación de un modelo dinámico de cambio de usos de suelo urbano de Madrid*. Obtenido de <https://eprints.ucm.es/34202/1/T36651.pdf>
- Espínola Pérez, A. M. (2014). *Clasificación de imágenes de satélite mediante autómatas celulares*. Obtenido de [https://w3.ual.es/personal/mois.espinola/datos/documentos/titulos/Diploma\\_de\\_Estudios\\_Avanzados.pdf](https://w3.ual.es/personal/mois.espinola/datos/documentos/titulos/Diploma_de_Estudios_Avanzados.pdf)
- Gómez Delgado, M.; Aguilera Benavente, F.; Barreira Gonzales, P.; Bosque Sendra, J., & Rodríguez Espinosa, V. M. (2014). *Simulación prospectiva del crecimiento urbano en la Comunidad Autónoma de Madrid a partir de Modelos basado en autómatas celulares y modelos basados en EMC*. Congreso de Tecnologías de Información Geográfica, 28 - 37. Obtenido de <http://rua.ua.es/dspace/handle/10045/46397>
- Gonzales León, M. O. & Rojas Villalobos, H. L. (2013). *Predicción del crecimiento urbano de Ciudad de Cuauhtémoc Chihuahua 201, usando autómatas celulares*. Revista Internacional de Contaminación Ambiental, 21.
- Granados Flores, A. S. (2019). *La expansión urbana como centro de tensión entre la normativa liberadora y la planificación urbana en Perú (1995 - 2019)*. Ciudades, Estados y Políticas, 37 - 55.
- Guido Gorostiaga, M. (2017). *Autómatas celulares y su aplicación*. Obtenido de *Autómatas celulares y su aplicación*.
- Haller, A. (2017). *Los impactos del crecimiento urbano en los campesinos Andinos. Un Estudio de Percepción en la Zona Rural - Urbano de Huancayo, Perú*. Obtenido de <https://doi.org/10.18800/espacioydesarrollo.201701.002>
- Heller, A. (2011). *Dinámicas periurbanas: reflexiones sobre la urbanización de la periferia huancaína*. Obtenido de <http://journals.continental.edu.pe/index.php/apuntes/article/view/26>
- Huerta Nava, G. L. (2015). *Necesidad de Movilidad Urbana Derivadas del Desarrollo Habitacional y la Fragmentación Urbana en el Municipio de Metepec, Estado de México*. Obtenido de <file:///C:/Users/PC/Downloads/UNIVERSIDAD%20AUT%2093NOMA%20DEL%20ESTADO%20DE%20M%20C3%89XICO%20FACULTAD%20DE%20PLANEACI%20C3%93N%20URBANA%20Y%20REGIONAL.pdf>
- Linares, S., & Picone, N. (2018). *Modelización de la expansión urbana y su impacto en el paisaje natural mediante sistemas de información geográfica y autómatas celulares caso de estudio: Tandil, Argentina*. Revista de estudios ambientales, 1-21.
- López Ramírez, P. (2008). *Modelos Geo -Espaciales del Medio Urbano: Caso de la Contaminación Ambiental*. Obtenido de <https://centrogeo.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1012/35/1/14-2008-Tesis-L%20C3%B3pez%20Ram%20C3%ADrez%20C%20Pablo-Maestro%20en%20Geom%20C3%A1tica.pdf>
- Marcos Delgado, A. (2010). *Análisis de los Factores de Determinantes del Crecimiento Expansivo del Área Metropolitana de Monterrey 2000 - 2008*. Obtenido de <http://eprints.uanl.mx/2184/1/1080191601.pdf>
- Medina, V. d. (2017). *Crecimiento urbano y desigualdad espacial en San Carlos de Bariloche*. Bitacora 27, 101 - 1008.
- MINAM. (2014). *Análisis de las Dinámicas de Cambio de Cobertura de la tierra de la comunidad Andina*. Obtenido de <http://www.minam.gob.pe/ordenamientoterritorial/wp-content/uploads/sites/18/2013/10/Informe-final-de-Proyecto-Dinamica-de-los-Cambios-de-la-Tierra-CAN.pdf>
- MPH. (2015). *Diagnostico Urbano - Plan de Desarrollo Urbano de la Ciudad Huancayo 2015 - 2025*. Obtenido de *Diagnostico Urbano - Plan de Desarrollo Urbano de la Ciudad Huancayo 2015 - 2025*: [http://200.37.252.83/documentos/2015/gerencia\\_subgerencia/desarrollo\\_urbano/plan/DiagnosticoPDU.pdf](http://200.37.252.83/documentos/2015/gerencia_subgerencia/desarrollo_urbano/plan/DiagnosticoPDU.pdf)
- Munar Suarez, O. E., & Piñeros Hernández, J. F. (2016). *Propuesta de diseño de sistemas complejos basada en autómatas celulares difusos no uniformes y algoritmos evolutivos*. Obtenido de <http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/3407/1/Pi%20C3%B1erosHern%20C3%A1ndezJohnFredy2016.pdf>
- Munar Suarez, O., & Piñeros Hernández, J. (20 de enero de 2016). *Propuesta de diseño de sistema complejo basada en autómatas celulares difusos no uniformes y algoritmos evolutivos*. Obtenido de *Propuesta de diseño de sistema complejo basada en autómatas celulares difusos no uniformes y algoritmos evolutivos*: <http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/3407/1/Pi%20C3%B1erosHern%20C3%A1ndezJohnFredy2016.pdf>
- Municipalidad Distrital de Huancayo. (2015). *Plan de Desarrollo Urbano 2015 - 2021*. Obtenido de [https://www.munihuancayo.gob.pe/documentos/2015/gerencia\\_subgerencia/desarrollo\\_urbano/plan/DiagnosticoPDU.pdf](https://www.munihuancayo.gob.pe/documentos/2015/gerencia_subgerencia/desarrollo_urbano/plan/DiagnosticoPDU.pdf)

- Municipalidad Provincial de Huancayo. (2011). *Plan de Desarrollo Urbano*. Obtenido de [http://bvpad.indeci.gob.pe/doc/estudios\\_CS/Region\\_Juin/huancayo/huancayo\\_PDU.pdf](http://bvpad.indeci.gob.pe/doc/estudios_CS/Region_Juin/huancayo/huancayo_PDU.pdf)
- Municipalidad Provincial de Huancayo. (2006). *Plan de Desarrollo Urbano 2006 - 2011*. Obtenido de [http://bvpad.indeci.gob.pe/doc/estudios\\_CS/Region\\_Juin/huancayo/huancayo\\_PDU.pdf](http://bvpad.indeci.gob.pe/doc/estudios_CS/Region_Juin/huancayo/huancayo_PDU.pdf)
- Natasha Picone, S. L. (2018). *Modelización de la expansión urbana y su impacto en el paisaje natural mediante sistemas de información geográfica y autómatas celulares*. Obtenido de Modelización de la expansión urbana y su impacto en el paisaje natural mediante Sistemas de Información Geográfica y Autómatas Celulares: <http://www.fch.unicen.edu.ar/ojs-3.1.0/index.php/estudios-ambientales/article/view/45>
- Norte Pinto, N. E. (2015). *Multi-Scale integrated cellular modelling for the study of urban change phenomena*. Barcelona, Madrid, España.
- ONU. (2018). *Departamento de Asuntos Económicos y Sociales*. Obtenido de <https://www.un.org/development/desa/es/news/population/2018-world-urbanization-prospects.html>
- PDU Municipalidad Provincial de Huancayo, M. (2011). *Plan de Desarrollo Urbano 2006 - 2011*. Obtenido de [http://bvpad.indeci.gob.pe/doc/estudios\\_CS/Region\\_Juin/huancayo/huancayo\\_PDU.pdf](http://bvpad.indeci.gob.pe/doc/estudios_CS/Region_Juin/huancayo/huancayo_PDU.pdf)
- Pérez López, A. (2012). *Autómatas celulares*. Colombia.
- Pinos Arévalo, N. (16 de julio de 2016). *Prospectiva del uso del suelo y cobertura vegetal en el ordenamiento territorial - Caso cantón Cuenta*. Obtenido de Prospektiva del uso del suelo y cobertura vegetal en el ordenamiento territorial - Caso cantón Cuenta: <https://publicaciones.ucuenca.edu.ec/ojs/index.php/estoa/article/view/1019>
- Plan de Seguridad Ciudadana - MPH, M. (2018). *Plan de Seguridad Ciudadana del distrito de la provincia de Huancayo 2018*. Obtenido de [http://200.37.252.83/documentos/2018/co-disec/plan\\_actualizado.pdf](http://200.37.252.83/documentos/2018/co-disec/plan_actualizado.pdf)
- Pontius Jr, R. G.; Boersma, W.; Castella, J. C.; Clarke, K., de Nijs, T., Dietzel, C.; Verburg, P. et al. (2008). *Comparing input, output, and validation maps for several models of land change*. Springer - Verlag, 11-37. Recuperado el 20 de marzo de 2018, de <https://link.springer.com/article/10.1007/s00168-007-0138-2>
- Prieto Amparan, J. A.; Pinedo Álvarez, A.; Morales Chávez, M.; Pinedo Álvarez, C. & Villarreal Guerrero, F. (2015). *Dinámica de crecimiento de la ciudad de Chichahua utilizando percepción remota y autómatas celulares - Markov*. Obtenido de Dinámica de crecimiento de la ciudad de Chichahua utilizando percepción remota y autómatas celulares - Markov: <https://docplayer.es/89814990-Dinamica-de-crecimiento-de-la-ciudad-de-chichahua-utilizando-percepcion-remota-y-automas-celulares-markov.html>
- Reyna Garcia, A.; Reyna Bowen, J. & Vences Solorzano, C. (2017). *Escenarios de crecimiento urbano 2017 - 2022 de la ciudad de Portoviejo, Ecuador, a partir de autómatas celulares*. Manabi, Ecuador.
- Rojas Villalobos, H. L. (2013). *Predicción y modelación del crecimiento urbano de Chihuahua del año 2010, mediante autómatas celulares (SLEUTH)*. Revista Internacional de Contaminación Ambiental, 1 - 21. Obtenido de <https://www.researchgate.net/publication/265381429>
- Santiago Linares & Piccone, N. (2018). *Modelización de la expansión urbana y su impacto en el paisaje natural mediante sistemas de información geográfica y autómatas celulares. Caso de estudio: Tandil, Argentina*. Obtenido de [https://www.academia.edu/14803959/Expansi%C3%B3n\\_urbana\\_mediante\\_tecnolog%C3%ADas\\_de\\_la\\_informaci%C3%B3n\\_geogr%C3%A1fica\\_y\\_modelos\\_emergentes\\_aplicaci%C3%B3n\\_a\\_la\\_ciudad\\_Tandil\\_Buenos\\_Aires\\_Argentina](https://www.academia.edu/14803959/Expansi%C3%B3n_urbana_mediante_tecnolog%C3%ADas_de_la_informaci%C3%B3n_geogr%C3%A1fica_y_modelos_emergentes_aplicaci%C3%B3n_a_la_ciudad_Tandil_Buenos_Aires_Argentina)
- Soto Cortés, J. J. (2015). *El crecimiento urbano de las ciudades: enfoque desarrollista, autoritario, neoliberal y sustentable*. Paradigma económico (1), pp 127 - 149.
- Toro Jaramillo, I. D. (2010). *Fundamentos epistemológicos de la investigación y la metodología de la investigación cualitativo/cuantitativa*. Medellín - Colombia: Colección Académica.
- Trejos Serrato, J.; Sousa Júnior, M. & Pardi la Cruz, M. S. (2011). *Comparación de un modelo markoviano y de regresión para predicción de cambios en el uso y cobertura del suelo en la zona central del Departamento del Meta - Colombia*. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/266606092\\_Comparacion\\_del\\_modelo\\_markoviano\\_y\\_de\\_regresion\\_para\\_prediccion\\_de\\_cambios\\_en\\_el\\_uso\\_y\\_cobertura\\_del\\_suelo\\_en\\_la\\_zona\\_central\\_del\\_Departamento\\_del\\_Meta-Colombia?enrichId=rgreq-b51dc65cc884d6d2e5390efaa6c](https://www.researchgate.net/publication/266606092_Comparacion_del_modelo_markoviano_y_de_regresion_para_prediccion_de_cambios_en_el_uso_y_cobertura_del_suelo_en_la_zona_central_del_Departamento_del_Meta-Colombia?enrichId=rgreq-b51dc65cc884d6d2e5390efaa6c)



# Parámetros limnológicos y productividad piscícola para la piscicultura de trucha arco iris en lagunas altoandinas - Junín, Perú

## Limnological parameters and fish productivity for rainbow trout fish farming in high Andean lagoons - Junin, Peru

Fernán Chanamé Zapata<sup>1</sup>, Christian Poma Chávez<sup>2</sup>

E-mail: fchaname@uncp.edu.pe

### Cómo citar

Chanamé Zapata, F. & Poma Chávez, C. (2020). *Parámetros limnológicos y productividad piscícola para la piscicultura de trucha arco iris en lagunas altoandinas - Junín, Perú*. *Prospectiva Universitaria, Revista de la UNCP* 17(1), 159-165. <https://doi.org/10.26490/uncp.prospectivauniversitaria.2020.17.1400>

### Resumen

Se evaluaron los parámetros limnológicos determinantes de la productividad piscícola para la piscicultura de la trucha arco iris en lagunas altoandinas, Junín - Perú. Se consideraron tres sectores de muestreo en cada una de las tres lagunas, Habascocha, Huascacocha y Pomacocha; en los cuales, se recolectaron 36 muestras de agua. Las muestras se recolectaron directamente de las lagunas en cada uno de los sectores de muestreo, en envases de vidrio de 750 ml. La temperatura del agua, oxígeno, dióxido de carbono, alcalinidad, dureza y pH, fueron determinados in situ, mientras que los nitritos, nitratos, fosfatos y los parámetros biológicos como fitoplancton, zooplancton, vegetación acuática, necton y bentos fueron analizados en el Laboratorio de Análisis de aguas de la UNCP. Se determinó la productividad piscícola teórica, de las lagunas, previo cálculo de su capacidad biogénica en función a las características físicas, químicas y biológicas, predominantes en el ambiente acuático y el coeficiente de productividad; así como, la capacidad de carga inicial con la productividad anual (kg), el área a utilizar y la capacidad biogénica de cada laguna. Los resultados obtenidos demuestran que, los parámetros limnológicos cumplen con los requerimientos ambientales para la piscicultura de la trucha arco iris, en diferentes sistemas de producción en lagunas altoandinas. Presentan una capacidad biogénica de IV, siendo aguas de una productividad piscícola media. La productividad piscícola de manera extensiva para las lagunas, Habascocha, Huascacocha es de 245.56, 264.72 y 239.85 kilogramos por año, respectivamente, la cual resulta adecuada para la producción de truchas en jaulas flotantes.

**Palabras clave:** limnología, productividad piscícola, capacidad biogénica, piscicultura, lagunas altoandinas

### Abstract

Limnological parameters determining fish productivity were evaluated for rainbow trout fish farming in high Andean lagoons, Junín - Peru. Three sampling sectors were considered in each of the three lagoons, Habascocha, Huascacocha and Pomacocha; in which 36 water samples were collected. The samples were collected directly from the gaps in each of the sampling sectors, in 750 ml glass containers. Water temperature, oxygen, carbon dioxide, alkalinity, hardness and pH were determined in situ, while nitrites, nitrates, phosphates and biological parameters such as phytoplankton, zooplankton, aquatic vegetation, necton and bentos were analyzed in the UNCP Water Analysis Laboratory. The theoretical fish productivity of the lagoons was determined, after calculating their biogenic capacity according to the physical, chemical and biological characteristics, predominant in the aquatic environment and the coefficient of productivity; as well as, the initial carrying capacity with annual productivity (kg), the area to be used and the capacity biogenic nature of each lagoon. The results obtained show that the limnological parameters meet the environmental requirements for rainbow trout fish farming, in different production systems in high Andean lagoons. They have a biogenic capacity of IV, being waters of average fish productivity. Fish productivity extensively for the lagoons, Habascocha, Huascacocha, is 245.56, 264.72 and 239.85 kilograms per year, respectively, which is suitable for the production of trout in floating cages.

**Keywords:** limnology, fish productivity, biogenic capacity, fish farming, high Andean lagoons

<sup>1</sup>Docente de la Facultad de Zootecnia - UNCP / <sup>2</sup>Investigador externo UAP

## Introducción

El crecimiento en el sector acuicultura está disperso y de manera desigual a nivel mundial. Los principales productores de peces provenientes de la piscicultura continental, se encuentran en el sudeste asiático, mientras que la piscicultura marina está dominada por Noruega y Chile (FAO, 2014). Muchos autores ven un aumento en el control de los procesos biológicos con mejoras tecnológicas y, consecuentemente, un aumento de la productividad como motor del crecimiento de la acuicultura (Asche, 1997; Anderson, 2002; Asche, 2008). Sin embargo, la contaminación del agua superficial es uno de los problemas ambientales más críticos del siglo 21. En los países desarrollados, los tomadores de decisiones han sido conscientes de estos problemas y han implementado políticas del agua en su legislación.

Algunas lagunas alto andinas, se han visto afectadas y con tendencia a la eutrofización como consecuencia de la piscicultura intensiva de *Oncorhynchus mykiss* “trucha arco iris” en jaulas flotantes (Mariano et al., 2010).

En Perú existen varios trabajos relacionados a la determinación de los parámetros limnológicos y a la estimación de la productividad piscícola para la piscicultura de la trucha arco iris en lagunas altoandinas. Sin embargo, en la región Junín son escasos los trabajos relacionados al tema de estudio.

Investigaciones sobre evaluación de parámetros limnológicos para el cultivo de peces, tenemos la caracterización limnológica de la laguna de Cashibococha en Ucayali, para determinar los índices de diversidad y valores de equitabilidad del recurso para conocer su potencial uso en acuicultura (Riofrío et al., 2001), así como la determinación de la composición y estructura de la comunidad fitoplanctónica en la laguna Tranca Grande en la región Junín (Mariano, 2001).

El estudio sobre la evaluación de la productividad piscícola, para piscicultura de la trucha arco iris, realizado en la laguna Lecjempa en la región Arequipa, determinó que el recurso léntico evaluado, si reúne los requerimientos ambientales para la piscicultura de la especie (Lazarte, 2018). Asimismo, se encuentran los trabajos realizados por Santa Cruz (1989), Rodríguez (1990) y Contreras (1991), mencionados por Trelles (2005), quienes han evaluado la productividad piscícola de diferentes lagunas de la región Cusco, determinando que los recursos acuáticos evaluados, reúnen los requerimientos ambientales para la piscicultura de la trucha arco iris.

En la región de Arequipa se encuentran los trabajos realizados por Villegas (1988), en la laguna de Chinacocha con fines de uso piscícola, para lo cual se determinó la capacidad biogénica, concluyendo que la piscicultura extensiva de truchas o en jaulas flotantes es viable técnica, económica y ambientalmente. Huarachi

(1997) evaluó la sub cuenca del río Chili, determinando la posibilidad de introducir el pejerrey argentino en sus aguas, en función a la capacidad biogénica de los recursos acuáticos. Trelles (2005) evaluó la productividad piscícola de la laguna Machucocha, determinando que es apta para la producción de truchas. Guzmán (2006) realizó la evaluación de los parámetros limnológicos y la productividad piscícola de la laguna Iberia (lagunas de Mejía), recomendando su uso para la piscicultura de *Mugil cephalus* “lisa”, en forma extensiva.

El presente estudio permitirá evaluar los parámetros limnológicos determinantes en la productividad piscícola para la piscicultura de la trucha arco iris en lagunas altoandinas - Junín, Perú, de tal manera que los resultados obtenidos permitan proponer alternativas viables para un uso racional de estos ambientes lénticos. En tal sentido, el objetivo es evaluar los parámetros limnológicos determinantes en la productividad piscícola para la piscicultura de la trucha arco iris en lagunas altoandinas - Junín, Perú.

## Materiales y métodos

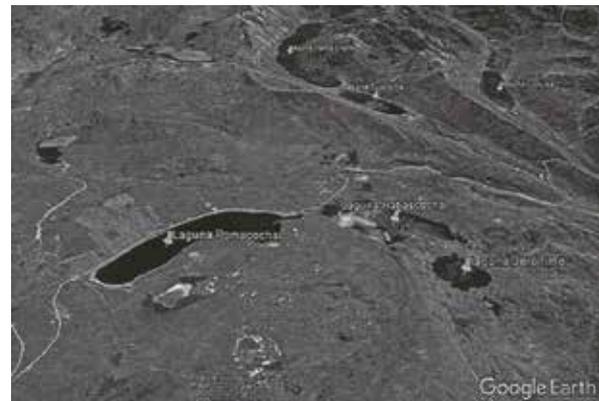
### Área de estudio

#### Descripción del área de estudio

El estudio se realizó en 03 lagunas altoandinas: Habascocha, Huascacocha y Pomacocha, las cuales se localizan en la región Junín. Laguna Habascocha, localizado en el distrito de Apata, provincia de Jauja, región Junín a 4453 msnm (475386 E, 8697917 N). Laguna Huascacocha, en el distrito de Apata, provincia de Jauja, región Junín a 4480 msnm (472839 E, 8704141 N). Laguna Pomacocha, ubicada en el distrito de Apata, provincia de Jauja, región Junín a 4486 msnm (473139 E, 8697593 N) (Figura 1).

#### Figura 1

Localización de las lagunas altoandinas de la región Junín, Perú.



### Análisis de los parámetros fisicoquímicos de las lagunas Habascocha, Huascacocha y Pomacocha

Previo a la toma de muestras de agua, se determinaron 03 sectores de muestreo en cada una de las tres lagunas, mediante un GPS y el uso del programa ArcGis.

Para el análisis de los parámetros fisicoquímicos determinantes de la productividad piscícola para la piscicultura de la trucha arco iris, se recolectaron 36 muestras de agua. Las muestras se tomaron directamente de las lagunas en cada uno de los sectores de muestreo, en Para de vidrio de 750 ml. La temperatura del agua, oxígeno, dióxido de carbono, alcalinidad, dureza y pH, fueron determinados *in situ*, mientras que los nitritos, nitratos, fosfatos y los parámetros biológicos, como fitoplancton, zooplancton, vegetación acuática, necton y bentos, fueron analizados en el Laboratorio de Análisis de aguas de la Universidad Nacional del Centro del Perú (UNCP).

### Análisis de los parámetros biológicos de las lagunas Habascocha, Huascacocha y Pomacocha

Para el análisis de los parámetros biológicos, las muestras fueron colectadas según las siguientes metodologías:

#### Fitoplancton

El fitoplancton fue colectado según la metodología de Fernández (1977), el cual consiste en filtrar el agua a través de la red de fitoplancton, hacia un frasco colector colocado en la parte final de la red, por el lapso de un minuto. Luego las muestras fueron colocadas en frascos de boca ancha rotulados y se agregó formol al 5 % para su conservación y posterior identificación en el laboratorio.

#### Zooplancton

Las muestras de zooplancton fueron recolectadas con la red de zooplancton, la cual permite capturar los organismos zooplanctónicos. Consiste en hacer pasar el agua a través de la red, hacia un frasco colector colocado en la parte final de la red, por el lapso de dos minutos (Arocena, 1999).

Luego, las muestras fueron colocadas en frascos de boca ancha rotulados y se agregó formol al 5 %, para su conservación y posterior identificación en el laboratorio.

#### Bentos

Las muestras se colectaron mediante una red de Surber, las cuales fueron llevadas a laboratorio para su posterior identificación en el laboratorio.

#### Vegetación acuática

Las muestras se colectaron manualmente, según la metodología de Cirujano et al., (2004), las cuales fueron llevadas a laboratorio para su posterior identificación.

#### Determinación de la productividad piscícola

Para determinar la productividad piscícola teórica de un recurso hídrico se utilizó la siguiente fórmula (Arrignon, 1979):

$$B * K * Na$$

$$P = 10$$

Dónde:

P = Productividad anual teórica (Kg/ha/año)

B = Capacidad biogénica (1 a 10)

K = Coeficiente de productividad

Na = Superficie del cuerpo de agua en áreas (1 ha = 100 áreas) o lo que es multiplicar el área superficial de la laguna (m<sup>2</sup>), por el coeficiente de conversión 0.0001, para expresarla en hectáreas.

10 = Constante para aguas ácidas o alcalinas

## Resultados

### Parámetros fisicoquímicos del agua

Los parámetros fisicoquímicos analizados fueron: temperatura (°C), oxígeno disuelto (mg/l), dióxido de carbono (mg/l), alcalinidad total (mg/l), dureza total (mg/l), pH, nitritos (mg/l), nitratos (mg/l), fósforo (mg/l) (Tabla 1)

Tabla 1

Parámetros analizados del agua.

Laguna	Punto de muestreo	Temperatura (°C)	Oxígeno disuelto (mg/l)	Dióxido de carbono (mg/l)	Alcalinidad total (mg/l)	Dureza total (mg/l)	Nitritos (mg/l)	Nitratos (mg/l)	Fosfatos (mg/l)	pH
Habascocha	a	10.20	6.42	2.6	66	62	0.03	0.03	0.02	8.15
	b	9.60	6.35	3.2	62	57	0.02	0.03	0.02	8.05
	c	9.00	6.26	2.8	57	62	0.02	0.03	0.03	7.94
Huascacocha	a	9.20	6.68	2.5	55	54	0.03	0.03	0.02	7.94
	b	10.20	6.72	2.9	68	66	0.03	0.03	0.02	7.75
	c	9.60	6.50	2.4	60	62	0.03	0.04	0.02	7.68
Pomacocha	a	9.50	6.52	2.1	58	70	0.03	0.03	0.02	8.23
	b	10.10	6.65	2.3	63	82	0.03	0.04	0.02	7.62
	c	9.80	6.76	2.6	52	68	0.04	0.04	0.03	8.34

Respecto a los parámetros fisicoquímicos, las tres lagunas evaluadas cumplen con los requerimientos ambientales para la piscicultura la trucha, en los diferentes sistemas de producción en recursos lénticos.

### Análisis de los parámetros biológicos del agua

Los parámetros biológicos analizados fueron: fitoplancton, zooplancton, bentos y vegetación acuática (Tabla 2).

**Tabla 2**

*Parámetros biológicos del agua.*

Parámetro	Habascocha	Huascacocha	Pomacocha
<i>Ulva</i>	x	x	x
<i>Spirogyra</i>	x	x	x
<i>Artrhypsodes</i>		x	
<i>Coera</i>	x	x	x
<i>helicopsodes</i>	x		x
<i>Baitisca</i>		x	x
<i>Cloem</i>	x	x	x
<i>Pentaneura</i>	x	x	x
<i>Tendips</i>		x	x
<i>Phanecerus</i>	x	x	x

En relación a los parámetros biológicos, en las tres lagunas evaluadas, el fitoplancton estuvo compuesto por principalmente por algas filamentosas de los géneros *Ulva* y *Spirogyra*.

Los macroinvertebrados estuvieron representados de la siguiente manera:

- Crustáceos: *Hyaella pauperocavae*
- Anélidos: *Lumbricus*
- Platelminetos: *Dugesia* sp
- Hirudíneos: *Helobdella* sp
- Tricópteros: *Artrhypsodes*, *Coera*, *helicopsodes*
- Efemerópteros: *Baitisca*, *Cloem*
- Dípteros: *Pentaneura*, *Tendips*
- Coleópteros: *Phanecerus*

La ictiofauna, estuvo constituida por *Oncorhynchus mykiss* "trucha arco iris" y *Pigydium* sp "bagre".

Las macrofitas acuáticas estuvieron representadas por *Trifolium repens* "trébol", *Equisetum arvense* "cola de caballo", *Potamogeton* sp "Cola de zorro", *Nasturtium* sp, "Berros", *Fontinalis* sp "musgos", *Rumex palustris* "romasa".

Por tanto, presentan una capacidad biogénica de IV, siendo aguas de una productividad piscícola media.

### Productividad piscícola

La productividad piscícola para la trucha arco iris en condiciones naturales, es decir, un cultivo extensivo, contribuiría con la dieta alimenticia de los po-

bladores de las comunidades cercanas a estas lagunas. Por tanto, siendo la producción la cantidad de peces producidos por una unidad de tiempo y expresada en unidades de peso por unidad de superficie, la productividad piscícola estimada de manera extensiva para las lagunas, Habascocha, Huascacocha es de 245.56, 264.72 y 239.85 kilogramos por año, respectivamente, la cual resulta adecuada para la producción de truchas en jaulas flotantes

### Discusión

Ante la creciente demanda de carne de trucha en el mercado local, regional y nacional, los piscicultores desarrollan la piscicultura de la trucha en jaulas flotantes en las lagunas altoandinas de la región Junín - Perú, sin realizar estudios sobre la productividad piscícola de los recursos hídricos. Asimismo, la Dirección Regional de la Producción de Junín, institución encargada de supervisar piscigranjas que operan en la región, tampoco realiza este tipo de evaluaciones, lo cual no permite un uso racional de los recursos hídricos lénticos, provocando una contaminación progresiva por exceso de residuos producidos por la alimentación artificial de las truchas, los cuales se van acumulando en el fondo, alterando la naturaleza del sedimento y consecuentemente se altera la calidad del agua, lo cual conlleva que en el futuro estos recursos hídricos superen los estándares de calidad ambiental para agua establecidos por el Ministerio del Ambiente de Perú, para la conservación del ambiente acuático.

La limnología y la piscicultura de aguas continentales siempre han estado ligadas en su aplicación, la razón es que para el desarrollo de la piscicultura se necesita de la caracterización limnológica del recurso acuático a utilizarse; en virtud a que esta estudia la interrelación de los factores físicos, químicos y biológicos de las aguas continentales a fin de evaluar la productividad (Wetzel, 1983; Cole, 1988; Roldán & Ramírez, 2008).

Los rangos óptimos, para el oxígeno disuelto (6.5 – 9.0) mg/l, alcalinidad (20 – 200) mg/ICaCO<sub>3</sub>, dureza (60 – 300) mg/l, nitrato (<100 mg/l) y nitrito (<0.055) mg/l (FONDEPES, 2014). En cuanto a la alimentación de los salmónidos en general y en especial la trucha, su alimento natural, mayormente, está conformado por insectos, predominando los dípteros (*Tabanidae*, *Chironomidae*, *Simuliidae*), hemíptera, coleóptera, orthóptera, entre otros (López, 1984).

Las lagunas forman parte de los llamados sistemas lénticos, cuya característica fundamental es el almacenamiento de un volumen importante de agua que carece de un flujo unidireccional continuo. Precisamente, sus aguas quietas propician importantes cambios ambientales, en su entorno, que conducen al desarrollo de ecosistemas ampliamente diferentes a los de las aguas corrientes (Bolaños & Manchabajoy, 2012).

La latitud al igual que la altitud, influyen de manera importante sobre la temperatura de las aguas; también, si el agua está quieta, las capas superiores se calientan más que las capas de agua profunda. Ello causa una diferencia de temperatura a medida que aumenta la profundidad de la columna de agua y eventualmente se produce una estratificación vertical de las diferentes masas de agua. Esta variación de la temperatura de las aguas en función de la profundidad no se manifiesta por un descenso progresivo sino con frecuencia, por una brusca discontinuidad, conocida por el nombre de termoclina. En consecuencia, el cuerpo de agua se estratifica, diferenciándose en tres zonas de la superficie al fondo: epilimnion, metalimnion e hipolimnion (Barnabé, 1996; Arocena & Conde, 1999 & Chang, 2009).

Las aguas superficiales no contaminadas contienen entre siete 7 y 14 mg/l de oxígeno disuelto, aunque en situaciones de elevada productividad primaria o turbulencia pueden registrarse valores de sobresaturación. Altas cargas de materia orgánica resultan en valores bajos de oxígeno o en anoxia (ausencia de oxígeno) (Conde & Gorga, 1999).

La atmósfera contiene aproximadamente 21 % de oxígeno; el oxígeno es frecuentemente un factor que limita los sistemas de vida acuática las fuentes de producción primaria producen oxígeno en presencia de la luz, pero requieren oxígeno durante la noche; por lo tanto, el oxígeno puede limitar tanto a la producción primaria como a la secundaria. La distribución vertical de oxígeno en lagos y estanques depende de los patrones de circulación y la producción potencial del agua (Wheaton, 1993).

La concentración de dióxido de carbono varía con la fotosíntesis, la respiración aeróbica y la oxidación de la materia orgánica, durante el día, la concentración de CO<sub>2</sub> en el *epilimnion* disminuye debido a la fotosíntesis; mientras en el *hipolimnion*, la oxidación de la materia orgánica la incrementa (Conde & Gorga, 1999). La descomposición de material orgánico produce dióxido de carbono, así como la respiración de las plantas y animales (Wheaton, 1993).

En las aguas dulces no contaminadas de pH entre 6.4 y 8.3, la alcalinidad se debe generalmente al bicarbonato de calcio (Ca (HCO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>).

La concentración de la dureza en las aguas dulces se debe principalmente a la presencia de carbonatos y bicarbonatos de metales alcalinotérreos (Ca y Mg), por ser estos los iones más abundantes.

El pH indica la concentración de iones hidrógeno en el agua y están íntimamente involucrados con la acidez, la alcalinidad y la basicidad. En las aguas naturales, el pH varía entre 6 y 9. Los efectos letales aparecen a valores menores a 4.5 y mayores a 9.5, aunque existen organismos adaptados a valores más extremos (Wheaton, 1993).

Los nitritos son una forma intermedia entre el amonio y el nitrato (nitrificación) o entre nitratos y nitrógeno (desnitrificación). La presencia de nitritos en

agua indica procesos biológicos activos influenciados por contaminación orgánica. Los nitritos están normalmente ausentes en las aguas superficiales o presentes en cantidades del orden de 0,001 mg/l. Se considera que concentraciones superiores a 0.09 mg/l pueden causar efectos tóxicos en especies de salmónidos y ciprínidos más sensibles (Geraldí, 2009).

Los nitratos estimulan la flora acuática en presencia de otros elementos indispensables aumentando la productividad del curso de agua, pero la vegetación en exceso puede ser invasora y perjudicial (Arrignon, 1979).

Estos compuestos unidos al amonio, se convierten en elementos importantes para lagos y lagunas, por ser el aporte principal de nitrógeno de los seres acuáticos. Asimismo, altas concentraciones de nitrógeno en el agua indica eutrofia (Roldán & Ramírez, 2008).

Los fosfatos constituyen en los ecosistemas acuáticos, los nutrientes limitantes de la producción primaria, lo cual determina su estado trófico, existiendo una fuente importante en el sedimento, cuyo desprendimiento incrementa el proceso eutrofización.

Cuando las concentraciones de fosfatos son muy altas, ocasionan un rápido crecimiento de algas, como la *Spyrogyra* sp, las cuales concentran hasta diez veces la cantidad de fósforo requerido normalmente, formando una densa capa superficial que luego de la descomposición, ocasionan una contaminación mortal para los peces (Arrignon, 1979).

Los organismos planctónicos desempeñan un papel importante dentro de la productividad de un ambiente acuático; el zooplancton regula la biomasa fitoplanctónica y bacteriana, así como también, aporta materia orgánica particulada a la columna de agua. Es la comunidad de microorganismos autótrofos, (microalgas, cianobacterias, protozoarios) que viven suspendidos en la columna de agua y constituye la base de la cadena trófica en cualquier ecosistema acuático (Vicente et al., 2005).

En relación al zooplancton, la importancia radica en que son los consumidores primarios, por lo que se les considera el eslabón entre las microalgas acuáticas y los consumidores secundarios, como insectos acuáticos, larvas o peces de pequeños, que sirven de alimento a peces mayores (Wetzel, 2001).

Respecto al bentos, son los organismos que viven en el fondo de las lagunas, el cual ofrece una gran variedad de hábitat y una gran diversidad de organismos. La zona del litoral es la que presenta mayor diversidad de hábitat, mientras que, en las zonas más profundas, escasea el alimento y el oxígeno, reduciendo la diversidad de la fauna bentónica (Roldán & Ramírez, 2008).

Referente al necton, es la comunidad errante compuesta por organismos que se desplazan activamente en el agua por sus propios medios como peces, crustáceos y anfibios (Roldán & Ramírez, 2008).

En cuanto a las plantas acuáticas visibles a simple vista, se encuentran las plantas vasculares, briofitos, macroalgas y cianobacterias (Cirujano et al., 2005). El fitoplancton junto con la vegetación acuática conforman los componentes autótrofos de las lagunas, de tal manera que, muchos iones y compuestos inorgánicos disueltos en el agua son convertidos en materia orgánica, constituyéndose en el soporte de las comunidades biológicas (Ramírez & Viña, 1998).

En relación a la capacidad biogénica (B) calculada en función a las características fisicoquímicas y biológicas predominantes en el ambiente acuático, considerando un valor de capacidad biogénica en base a la clasificación de Wurtz (1961), citado por Arrignon (1979), la cual considera 10 grados que corresponden a ciertas características del agua y que van de I a X, se obtuvo como resultado que las lagunas Habascocha, Huascacocha y Pomacocha, presentan una capacidad biogénica de IV, siendo aguas de una productividad piscícola media.

En cuanto a la productividad piscícola calculada de las lagunas en función a sus componentes orgánicos e inorgánicos, siendo la producción la cantidad de peces producidos por una unidad de tiempo y expresada en unidades de peso por unidad de superficie (kg/ha/año) (Arrignon, 1979), se obtuvo como resultado que, las lagunas Habascocha y Huascacocha presentan una productividad piscícola de manera extensiva de 245.56, 264.72 y 239.85 kilogramos por año, respectivamente; la cual, resulta adecuada para la producción de truchas en jaulas flotantes.

## Conclusiones

- Los parámetros limnológicos determinantes en la productividad piscícola, cumplen con los requerimientos ambientales para la piscicultura de la trucha arco iris en diferentes sistemas de producción en lagunas altoandinas - Junín, Perú.
- Las lagunas Habascocha, Huascacocha y Pomacocha presentan una capacidad biogénica de IV, siendo aguas de una productividad piscícola media.
- La productividad piscícola de manera extensiva para las lagunas, Habascocha, Huascacocha es de 245.56, 264.72 y 239.85 kilogramos por año, respectivamente, la cual resulta adecuada para la producción de truchas en jaulas flotantes.

## Referencias bibliográficas

Arocena, R. & Conde, D. (1999). *Métodos en ecología de aguas continentales*. Montevideo, Uruguay: Universidad de la república.

Arrignon, J. (1979). *Ecología y piscicultura de aguas dulces*. Madrid, España: Mundiprensa.

Barnabé, G. (1996). *Bases biológicas y ecológicas de la acuicultura*. Zaragoza, España: Acribia S.A.

Bolaños, C. & Manchabajoy, J. (2012). *Caracterización geográfica de las lagunas de la cuenca hidrográfica del Río Guaitará*, Departamento de Nariño. San Juan de Pasto.

Bouchard, R. (2004). *Guide to aquatic invertebrates of the upper midwest: Identification manual for students, citizen monitors and aquatic resource professionals*. University of Minnesota.

Chang, J. (2009). *Limnología*. Guayaquil.67

Cirujano, S., Cambra, J. & Gutiérrez, C. (2005). *Protocolos de muestreo y análisis para macrófitos*. España: Confederación Hidrográfica del Ebro.

Cole, G. (1988). *Manual de Limnología*. Buenos Aires: hemisferio sur S.A.

Fernández. (1977). *Manual práctico Ilustrado de Criptogamia*. Departamento de Ciencias Biológicas. Universidad Nacional de Trujillo.

Fernández, H. & Domínguez, E. (2001). *Guía para la determinación de los artrópodos bentónicos Sudamericano*. (U. d. Tucumán, Ed.) Tucumán. Argentina.

FONDEPES. (2014). *Crianza de Trucha en Ambientes Convencionales*. Lima.

García, A. & Calvario, O. (2003). *Manual de buenas prácticas de producción acuícola de trucha para la inocuidad alimentaria*. Mexico.

Geraldi, A. (2009). *Estudio geoambiental de la cuenca Lagunar Las Encadenadas del Oeste*. Bahía Blanca.

Guzmán, J. (2006). *Limnología*. Arequipa - Perú.

Huarachi, N. (1997). *Evaluación de la Sub - Cuenca del Chili para la introducción del pejerrey (Basilichthys bonariensis)*. Arequipa: Esc. Profesional Ing. Pesquera - UNSA.

Lazarte, R. (2018). *Aspectos limnológicos y determinación de la productividad piscícola, para truchicultura en la laguna "Lecjempa" (distrito de Lari, provincia de Caylloma, region de Arequipa)*. Tesis para optar título profesional de Ingeniero Pesquero. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. Arequipa, Perú.

Mariano, M. (2001). *Composición y estructura de la comunidad fitoplanctónica en la laguna Tlanca Grande (Junín, Perú)*. Junín: Facultad de Ciencias Biológicas - UNMSM.

Mariano, M.; Huamán, P.; Mayta, E.; Montoya, H. & Chanco, M. (2010). *Contaminación producida por piscicultura intensiva en lagunas andinas de Junín, Perú*. Rev. peru. biol. 17(1): 137 - 140.

Pennak. (1953). *Freshwater invertebrates of Unites States*. NewYork - USA: Royal Press Co.

- Ramírez, A., & Viña, G. (1998). *Limnología colombiana. Aportes a su conocimiento y estadísticas de análisis*. Colombia: Panamericana.
- Riofrío, Samanez, Carrasco & Clavo. (2001). *Caracterización limnológica de la laguna de Cashibococha*. Ucayali.
- Roldán. (1992). *Fundamentos de limnología neotropical*. Medellín.
- Roldán, G. & Ramírez, J. (2008). *Fundamentos de la limnología neotropical*. Universidad de Antioquia.
- Trelles, J. (2005). *La productividad piscícola de la laguna de Machucocha (Distrito de Orcopampa, Provincia de Castilla, Departamento de Arequipa) y su uso en truchicultura*. Arequipa.
- Villegas, J. (1983). *Estudio limnológico de la laguna Chincococha y su uso en el cultivo de truchas*. Lima.
- Wetzel, R. (1982). *Limnología*. Madrid, España: Omega.
- Wheaton, F. (1993). *Acuicultura: Diseño y construcción de sistemas*. México: AGT Editor S.A.





# REGLAMENTO DE PUBLICACIÓN



## REGLAMENTO DE PUBLICACIÓN DE LA REVISTA "PROSPECTIVA UNIVERSITARIA"

1. La Revista "PROSPECTIVA UNIVERSITARIA" es una publicación científica producida por el Instituto de Investigación de la Universidad Nacional del Centro Perú, Huancayo, Perú. Tiene una periodicidad semestral y el número aparece en julio y diciembre; tanto en su versión impresa como online.
2. La Revista "PROSPECTIVA UNIVERSITARIA" recibe artículos completos, originales e inéditos en las líneas de investigación de temas que tienen que ver con el quehacer científico de las Unidades de Posgrado de esta institución, elaborados según las normas establecidas en el Manual de Publicaciones de la APA (American Psychological Association) y las indicadas en las presentes pautas que se describen.
3. Los artículos pueden ser presentados en idioma inglés o castellano.
4. Los artículos serán evaluados por el Comité Editor de la revista según criterios internacionales de calidad, creatividad, originalidad y contribución al conocimiento. El artículo es aceptado luego del proceso de revisión por el Comité Editor y las modificaciones indicadas. El artículo aceptado será editado y una prueba enviada al autor para la aceptación y consentimiento de publicación.
5. El artículo deberá ser presentado acompañado de una carta dirigida al Director Editor, firmada por el responsable del trabajo con quien se tendrá comunicación, indicando además el carácter inédito, original y completo del artículo presentado y su disposición para que sea revisado y editado.
6. El artículo puede ser enviado por correo común; en este caso por triplicado y además los archivos digitales apropiados. El artículo comprende el texto, con las páginas numeradas correlativamente. Las ilustraciones, en hojas aparte, comprenden las tablas y figuras.
7. El artículo también puede ser enviado por email al Director - Editor. Los archivos deben ser enviados de acuerdo a las pautas indicadas en el presente documento.
8. El texto del artículo debe ser escrito en tipo Courier 12 puntos, doble espacio, en tamaño A-4. En general todos los artículos deben de tener: título (en inglés y español) sin exceder 20 palabras, nombres y apellidos de los autores, institución de los autores, dirección postal y correo electrónico de los autores. Resumen no mayor de 250 palabras (en inglés y castellano), 5 palabras clave (en inglés y español).
9. La Revista cuenta con las siguientes secciones:
  - a. **ARTÍCULOS CIENTÍFICOS.** Son artículos primarios, inéditos que exponen los resultados de trabajos de investigación y constituyen aportes al conocimiento. Debe contener en la parte uno: título, subtítulo, autor(es), institución(es), resumen en español e inglés, palabras clave en español e inglés. La parte dos, debe de estar estructurada de la siguiente manera: Introducción, métodos, herramientas e instrumentos de investigación, presentación de los resultados del estudio, discusión y/o conclusión, agradecimientos y referencias bibliográficas. Todo el artículo debe tener un texto máximo de 10 páginas, las tablas y figuras deben ser sólo las necesarias para una mejor exposición de los resultados.
  - b. **NOTAS CIENTÍFICAS.** Son artículos primarios, reportes de resultados cuya información es de interés para la comunidad científica. La extensión del texto no será mayor de 5 páginas. Esta sección debe tener las siguientes partes: título, autores, resumen en español e inglés, palabras clave en español e inglés, cuerpo de la nota, agradecimientos y referencias bibliográficas.
  - c. **ARTÍCULOS DE REVISIÓN.** Son artículos primarios, en esta sección se incluyen trabajos que constituyen una exhaustiva revisión del tema de investigación del autor, se incluyen aquí tesis, revisiones taxonómicas y recapitulaciones. Deben contar las siguientes partes: título, autores, resumen en español e inglés, palabras clave en español e inglés, introducción, cuerpo de la revisión, agradecimientos y referencias bibliográficas. Todo el artículo debe tener un texto promedio de 3 páginas. Las ilustraciones deben ser sólo las necesarias para una mejor exposición de los resultados.
  - d. **COMENTARIOS.** Son artículos donde se discute y exponen temas o conceptos de interés para la comunidad científica. Se incluyen aquí ensayos de opinión y monografías. Deben contar con las siguientes partes: título, autores, cuerpo del comentario, y referencias bibliográficas. Todo el artículo debe tener un texto promedio de 2 páginas como máximo.
  - e. **COMENTARIOS DE LIBROS.** Son artículos que comentan recientes publicaciones de interés para la comunidad científica.

10. Deben usarse los símbolos de las unidades del Sistema Internacional de Medidas. Si fuera necesario agregar medidas en otros sistemas, las abreviaturas correspondientes deben ser definidas en el texto. Se debe de tomar en cuenta la Redacción de Publicaciones de la APA.
11. LAS REFERENCIAS incluirá todas las referencias citadas en el texto dispuestas solamente en orden alfabético y sin numeración. La cita se inicia con el apellido del primer autor a continuación, sin coma, las iniciales del nombre con puntos y sin espacio. El segundo y tercer autor deben de tener las iniciales del nombre y a continuación el apellido. El último autor se diferenciará por que le antecede el símbolo &. Si hubiesen más de tres autores pueden ser indicados con la abreviatura et al. En la literatura citada solamente se usa letra tipo normal, no itálica, no versalita. La estructura de las citas es la siguiente (prestar atención a los signos de puntuación):  
Para citar libros: apellidos del autor, nombre o inicial(es). (Año de publicación). Título del libro (en cursiva). Ciudad de publicación: Editorial.  
Para citar artículos de revistas: apellidos del autor, nombre o inicial(es). (Año de publicación). Título del artículo. Nombre de la Revista (en cursiva), ciudad, editorial, número de la revista y página donde está el artículo.  
Para citar capítulos de libros: apellidos del autor, nombre o inicial(es). (Año de publicación). Título del capítulo del libro, apellido del editor, inicial(es) del nombre del editor, título del libro en cursiva, páginas donde está el capítulo, ciudad y editorial.
12. Las citas de artículos en prensa deben incluir el volumen, el año y el nombre de la revista donde saldrán publicados; de lo contrario deberán ser omitidos.
13. Deben evitarse las citas a resúmenes de eventos académicos (congresos y otros) y las comunicaciones personales.
14. Las figuras (planos, mapas, esquemas, diagramas, dibujos, gráficos, fotos, etc.) serán numeradas correlativamente con números arábigos; de igual manera las tablas. Las leyendas de las figuras deben presentarse en hoja separada del texto y deben ser suficientemente explicativas. Cada tabla debe llevar un título descriptivo en la parte superior.
15. Cuando el trabajo es enviado por correo postal, las figuras serán presentadas en papel Canson y con tinta china, en un tamaño A-4, montados sobre cartulina blanca. Los dibujos y fotos de estructuras y organismos deben llevar una escala gráfica para facilitar la determinación del aumento. Los mapas deben llevar las respectivas coordenadas. Las fotografías deben tener 15 x 10 cm de tamaño como mínimo, en papel liso, con amplio espectro de tonos y buen contraste, montados sobre una cartulina blanca tamaño A-4. Los costos por fotografías a color deberán ser asumidos por el autor (es), siempre y cuando el caso pudiera ameritar.
16. Si las figuras fuesen escaneadas, deben guardarse en un archivo TIFF, tamaño natural, 600 dpi. Las gráficas de origen electrónico deben de enviarse en formato nativo editable (archivo.xls, archivo.wmf, archivo.svg y archivo.eps). Los mapas en formatos SHP. Fotos de cámaras digitales en formato JPG mayor a 3 Mpixel. Otros archivos independientes en formato TIFF, BMP, Ai, PSD. Los costos por ilustraciones a color serán asumidos por el autor (es) si el caso lo pudiera ameritar.
17. Los archivos deben presentarse por separado, esto es, un archivo con el texto y leyendas en formato MS-Word. Otro archivo para las tablas en MS-Excel o como tablas en MS-Word. Otros archivos en formatos nativos, no como imágenes insertadas en otros archivos (por ejemplo no enviar imágenes pegadas en una hoja de MS-Word o Excel).
18. Sólo se aceptan planos, mapas, fotos e imágenes digitales de alta calidad.
19. Las publicaciones de preferencia deben de ser inéditas, sin embargo, se aceptaran material científico de segunda publicación como máximo.
20. El material enviado no será devuelto, por lo que el autor (es) deben tomar sus precauciones.
21. El trabajo revisado, editado, diagramado y publicado pasara a ser propiedad intelectual del Comité Editor de la revista "PROSPECTIVA UNIVERSITARIA", sobrentendiéndose que se cuenta con la aprobación del autor (es).  
El autor principal podrá solicitar cinco ejemplares de la revista. Un número de separatas adicional podrá ser solicitado antes de la impresión teniendo en cuenta los costos respectivos.

## GUÍA PARA LA PRESENTACIÓN DEL ARTÍCULO CIENTÍFICO

Los Trabajos presentados por los investigadores a la Revista Científica " PROSPECTIVA UNIVERSITARIA", deberán de cumplir y ser diseñados en base a las siguientes partes:

### *Parte I*

- Título en español e inglés.
- Autor (es).
- Institución(es).
- Correo (s) electrónico (s).
- Resumen en español e inglés.
- Palabras claves en español e inglés.

### *Parte II*

- Introducción.
- Métodos, herramientas e instrumentos de investigación.
- Presentación de los resultados del estudio.
- Discusión.

### *Parte III*

- Agradecimientos y financiación
- Referencias

### **Parte I**

**Título en español.** Debe ser corto pero informativo, sin exceder 20 palabras. Por otro lado, no debe incluir abreviaturas, paréntesis, fórmulas, siglas o caracteres desconocidos.

Debe ser breve, preciso y codificable de manera que pueda ser registrado en índices internacionales. El título del manuscrito, los títulos de las secciones y los subtítulos deben escribirse en minúsculas y en negrita.

**Título en Inglés.** Traducción fiel del título en español.

**Autor y/o autores.** Deben aparecer como autores aquellos que han hecho una contribución intelectual sustancial y asuman la responsabilidad del contenido del trabajo.

Se debe incluir el nombre completo y/o el nombre conocido como investigador, su grado académico mayor, su especialidad, la institución a que pertenece, etc. de todo(a) s lo(a) s autor(a) s y dirección electrónica.

**Institución(es).** Debe incluirse el nombre de la institución o instituciones donde se llevó a cabo la investigación y la dirección exacta. Cuando el trabajo es obra de autores de diversas instituciones se dará la lista de sus nombres con las instituciones respectivas, de modo que el lector pueda establecer los nexos correspondientes cuando lo crea necesario.

**Correo (s) electrónico (s).** Se incluirá la dirección o direcciones electrónicas del autor o autores de la investigación.

**Resumen.** Debe ir en la primera página del documento, antes de la introducción, tanto en español como en inglés. Consta de un solo párrafo no menor de 120 y no mayor a 250 palabras incluyendo puntuación. Es una relación breve y concreta de los principales puntos tratados en el artículo, de sus principales resultados y conclusiones.

En el resumen no se incluyen citas bibliográficas, figuras ni tablas.

**Abstract.** Traducción fiel del resumen al idioma inglés. Se recomienda solicitar la revisión de esta sección a una persona cuya lengua nativa sea el inglés.

**Palabras clave.** Se destacan las palabras importantes y/o claves utilizadas en el texto. Se deberá identificar entre 3 a 10 palabras clave; separadas por comas. Estas palabras deben ayudar al indexado cruzado del trabajo. Estos términos deberán aparecer al pie del resumen y abstract, respectivamente.

**Keywords.** Las mismas palabras clave traducidas al inglés.

## Parte II

### Introducción

Se expone, en forma concisa, el problema (es opcional y debe redactarse en forma de pregunta), el propósito o el objetivo del trabajo y el resumen del estado actual del tema de estudio. No se incluyen datos ni conclusiones del trabajo. Esta sección debe estar debidamente referenciada puesto que la descripción del estado actual del tema implica una revisión de la literatura publicada recientemente.

### Material y métodos

Estos tienen como finalidad informar todos los aspectos metodológicos involucrados en la investigación; debe responder al ¿cómo se realizó el estudio de investigación? Es recomendable dividir el método en subsecciones rotuladas, aunque no necesariamente numeradas.

**Diseño.** Describe el diseño del experimento (aleatorio, controlado, casos y controles, ensayos, prospectivo, etc.) y también el diseño no experimental (transversal o longitudinal).

**Participantes.** Se especifica apropiadamente la población objetivo y el tamaño de la muestra, los criterios de selección de los participantes, el tipo de muestreo implementado y la naturaleza de la asignación de los sujetos a los grupos. Se emplea el término participantes cuando quienes intervienen en la investigación son humanos y el término sujetos, cuando se trata de individuos no humanos.

**Instrumentos y materiales.** Los instrumentos utilizados para medir las variables bajo estudio (p.e.). La variable (s) independientes) y/o las herramientas o materiales usados para administrar la investigación, en su caso, y su función dentro de la investigación. En el caso de los modelos y pruebas estadísticas se deben estipular los estadísticos utilizados, validos, contabilizados que poseen y caracterizar las encuestas o los cuestionarios utilizados. Sin embargo, el modelo completo utilizado y sus resultados obtenidos se pueden describir detalladamente en un apéndice o anexo.

**Procedimientos.** Se especifican las acciones seguidas para la implementación de la investigación, en el caso de investigaciones de corte transversal o series de tiempo, o las llevadas a cabo para aplicar los instrumentos, en el caso de estudios descriptivos y correlacionales. Se incluyen las instrucciones a los sujetos, la formación de los grupos y las manipulaciones específicas de los sujetos, así como los análisis estadísticos que se implementaron. También se puede especificar el diseño de investigación utilizado, mencionando sus características generales y justificación de uso

**Resultados**

En esta sección se resumen los datos recolectados, así como su tratamiento estadístico. Se incluyen los datos estadísticos descriptivos (medias, desviación estándar, entre otros) y los datos fruto de las pruebas estadísticas implementadas.

Inicialmente se exponen de manera breve los hallazgos más relevantes, posteriormente se presentan con suficiente detalle los datos para justificar las conclusiones. Con el fin de presentar los datos se sugiere el uso de tablas o figuras, además del texto, que en lo posible, no deberá repetir lo que dicen estas tablas o figuras.

### Resultados

En esta sección se resumen los datos recolectados, así como su tratamiento estadístico.

Se incluyen los datos estadísticos descriptivos (medias, desviación estándar, entre otros) y los datos fruto de las pruebas estadísticas implementadas.

Inicialmente se exponen de manera breve los hallazgos más relevantes, posteriormente se presentan con suficiente detalle los datos para justificar las conclusiones. Con el fin de presentar los datos se sugiere el uso de tablas o figuras, además del texto, que en lo posible, no deberá repetir lo que dicen estas tablas o figuras.

**Se sugiere, la presentación de los resultados de la forma siguiente:**

- 1) Iniciar presentando los resultados relevantes de cara a la puesta a prueba de la hipótesis o el objetivo general de la investigación, para luego dirigir la atención hacia los aspectos relevantes de los datos; y
- 2) En la redacción del texto, se puede hacer alusión a la información presentada en las figuras y tablas para facilitar la comprensión de los datos.

### Discusión

En esta sección, es apropiado analizar las implicaciones de los resultados. Es decir, se evalúan e interpretan las implicaciones de los resultados, particularmente en relación con la hipótesis de trabajo. Inicialmente se debe exponer de manera clara la sustentación o carencia de sustento de las hipótesis originales en relación con los datos. Las aclaraciones respecto a las semejanzas o diferencias de los resultados con los de otras investigaciones

deben confirmar las conclusiones que se obtengan. Se debe evitar la especulación o las conclusiones triviales o con sustentos teóricos débiles. Se deben sugerir, en forma breve, mejoras a la propia investigación y/o proponer nuevas investigaciones.

### Parte III

#### **Agradecimiento y financiación**

El agradecimiento y la financiación son opcionales, deben de ser sucintos, es individual para cada artículo y se incluye como una parte del mismo, antes de las referencias bibliográficas y no deben aparecer en el texto ni en pie de página.

#### **Referencias**

Las referencias bibliográficas son en gran porcentaje la garantía de la publicación. El lector confía en que el autor del artículo, además de su investigación, está brindando datos bibliográficos correctos para que lo pueda conseguir con facilidad.

Las referencias garantizan la contrastación con los resultados dando validez a la investigación.

Las referencias deben elaborarse con cuidado colocando todos los datos y prestando atención a los signos de puntuación.

#### **Nota**

Los docentes investigadores interesados en publicar sus artículos científicos deben de remitir sus trabajos a la siguiente dirección:

E-mail: [prospectivauniversitaria@gmail.com](mailto:prospectivauniversitaria@gmail.com) Revista versión online: <http://www.uncp.edu.pe/>

Correo Postal: Gustavo Concha (Director - Editor)

Revista "**PROSPECTIVA UNIVERSITARIA**"

Universidad Nacional del Centro del Perú Instituto de Investigación de la UNCP

Av. Mariscal Castilla N° 3909 - 4039. Ciudad universitaria Km. 5,

Ciudad Universitaria Km. 5, El Tambo, Huancayo, Perú.



**UNIVERSIDAD NACIONAL  
DEL CENTRO DEL PERÚ**  
**Instituto General de Investigación**

Av. Mariscal Castilla N° 3909 - 4089. El Tambo - Huancayo  
Pabellón de Administración y Gobierno 4to piso  
<http://www.uncp.edu.pe>