

Número

**19**

Vol. 12

**Revista de divulgación científica**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO

DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIÓN CIENCIA Y TECNOLOGÍA



Junio 2022

# VENTANA CIENTÍFICA

(en Línea) ISSN: 2415-2390

(Impresa) ISSN: 2305-6010



**DICYT**

Departamento de Investigación  
Ciencia y Tecnología

VC

## **Revista de divulgación científica**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO  
DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIÓN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

# VENTANA CIENTÍFICA

**Vol. 12 Número 19**

Junio 2022

(en Línea) ISSN: 2415-2390

(Impresa) ISSN: 2305-6010

# UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO

VENTANA CIENTÍFICA

AUTORIDADES

*M.Sc. Ing. Henry Valdez Huanca*  
Rector a.i.

*M. Sc. Olga Martínez Revollo*  
Vicerrectora a.i.

.Editor

*M. Sc. Ing. Jorge Tejerina Oller*

Diagramación:

*Beatriz Tatiana Quispe Donaire*  
*Betsai Jhoana Morales Ustarez*

Diseño:

Israel Marino Jerez

Sitio web

*<http://dicyt.uaajms.edu.bo/revistas/index.php/ventana-cientifica/issue/archive>*

Correo Electrónico

*revista@uaajms.edu.bo*

*dicyt.uaajms.edu@gmail.com*

Publicación financiada por el proyecto:

“Fortalecimiento de la Difusión y Publicación de Revistas Científicas en la Universidad Autónoma  
Juan Misael Saracho”

Vol 12, N°19  
**CONSEJO EDITORIAL**  
VENTANA CIENTÍFICA

*Ph. D. Dra. Shirley Gamboa Alba*  
Docente Investigadora  
UAJMS

*Ph. D. Ing. Alberto Benítez Reynoso*  
Docente Investigador  
UAJMS

*Ph. D. Jaime Rodriguez Coariti*  
Doctorado en Ciencias Climáticas y  
Medio Ambiente en la Universidad  
Federal de Río Grande do Norte

*Arq. María Eugenia Martínez Mansilla*  
Doctoranda en “ARQUITECTURA  
Y URBANISMO” en la Universidad  
de Brasilia.

*M. Sc. Ing. Jorge Tejerina Oller*  
Editor  
Departamento de Investigación,  
Ciencia y Tecnología UAJMS

# PRESENTACIÓN



M.Sc. Ing. Jorge Tejerina  
Oller  
DIRECTOR-DICYT

La Revista Ventana Científica es uno de los espacios que ha implementado la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho, para difundir y divulgar del conocimiento científico que se viene generando en el proceso de investigación universitario ejecutado por docentes. Este proceso de comunicación a través de artículos científicos se da a conocer a la comunidad académica y población en general en sus formas de resultados, avances y hallazgos de investigaciones ejecutadas.

Por ello, cada número que se publica de la Revista Ventana Científica, es el resultado de un esfuerzo coordinado entre los investigadores, Comités Editoriales, autoridades, personal técnico involucrado en la edición de cada una de ellas, pues deseamos que se convierta en el espacio de referencia científica departamental y académico, donde se puedan encontrar, temas de interés, avances, aplicaciones nuevas, innovaciones y/o actualizaciones en las disciplina que se imparten en la Universidad. A través de la amplia gama de los interesantes artículos se espera contribuir a plantear alternativas a la problemática que encaran diferentes sectores o contribuir en la generación de nuevo conocimiento científico.

A través de los años que se viene publicando con regularidad y sistemáticamente, nos hemos dotado de una estructura de funcionamiento, con un formato, procedimientos que responden a las características de una revista científica y una normativa clara y transparente. Estamos en un proceso de consolidar un prestigio y reputación por la solidez y calidad de los artículos, que son escritos con el compromiso del rigor y la ética intelectual que caracteriza a los docentes e investigadores. Hoy presentemos once interesantes e importantes artículos como un aporte a la calidad académica y como un referente para quien nos lea.

# ÍNDICE

# CONTENIDO

1. Evaluación del uso de las TIC y competencias digitales TIC en docentes de la UAJMS. . . . . 1.  
*Shirley Gamboa Alba.*
2. Prisart panel sostenible para fachada . . . . . 13  
*Marcela Colpari Carrizo*
3. Determinantes del tiempo y humedad de equilibrio en la deshidratación Osmótica de Aguaymanto (*Physalis peruviana* L) . . . . . 25  
*Oliver Taype Landeo, Peter Llimpe Perez, Estephany Katterine Crisanto Soto, Sandy Vialid Yauricasa Tornero.*
4. Caracterización hidrogeológica, estimación y clasificación hidroquímica de las masas de agua subterránea de la ciudad de Yacuiba .. . . . 32  
*Gina Analía Palacios Mendez, Julio César Mamani Alemán.*
5. ¿Existe el método científico artesanal en Aristóteles? . . . . . 48  
*Omar Elias Yana Cerezo.*
6. Análisis de escenario futuro con déficit hídrico con el modelo hidrológico Weap en la cuenca alta del Río Guadalquivir . . . . . 55  
*Moisés Agustín Lozano Velásquez, Khalil Valeriano León.*
7. Obtención de hongo comestible seco en polvo. . . . . 75  
*Erick Ramírez Ruiz, Wilfredo Lopez Sanguino*
8. Modelo de actividades para la gestión de Logs de sistemas de información. . . . . 92  
*Víctor Hugo Figueroa Fernandez*

9. Metodología para la detección y eliminación de Genoma “SARS-CoV-2” “COVID-19” en aguas residuales de la ciudad de Tarija.. . . . . 103  
*Julio César Mamani Alemán*
10. Evaluación del rendimiento del Locote (*Capsicum annum L.*) con la aplicación de diferentes dosis de boro.. . . . . 116  
*Armadans, A; Martínez, A; Britos, U; Martínez, G*
11. Influencia del ingreso familiar en el uso de los diferentes tipos de ducha (Calefón a gas y ducha eléctrica) en la ciudad de Tarija. . . . . 121  
*Roxana Alemán Castillo, Ronald León Solíz*

# ARTÍCULO 1

Recibido: 30/4/2022

Aprobado: 6/6/2022

# Evaluación del uso de las TIC y competencias digitales TIC en docentes de la UAJMS

*Evaluation of the use of TIC and digital TIC competences in teachers of the UAJMS*

Ph.D. Shirley Gamboa Alba [ORCID: 0000-0003-0042-7058](https://orcid.org/0000-0003-0042-7058) <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Docente investigadora Facultad Ciencias Jurídicas y Políticas

Correspondencia del autor(es): [sgamboa1964@gmail.com](mailto:sgamboa1964@gmail.com)<sup>1</sup>

## Resumen

Este artículo presenta el resultado de la evaluación del uso de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) y las competencias digitales de un grupo de docentes de la UAJMS. La muestra está integrada por 32 docentes de diferentes unidades académicas: Ciencias Económicas y Financieras, Ciencias y Tecnología, Humanidades, Ciencias Jurídicas y Políticas y, Ciencias Agrícolas y Forestales que formaron parte del Programa de Capacitación en Metodología de la Enseñanza a través de las TIC. Los datos se obtuvieron mediante una encuesta en línea realizada en base al modelo “Estándares UNESCO de Competencias en TIC para Docentes 2019”. De las competencias en TIC evaluadas se han tomado en cuenta para el presente trabajo, aquellas establecidas en los tres niveles de conocimiento, tomando de manera específica tres secciones: Valoración de los docentes sobre la utilidad de las TIC y su uso en el aula; dominio de los aspectos tecnológicos, gestión de la información y la comunicación, creación de materiales; y la utilización de materiales en soporte digital. Entre los resultados obtenidos resalta que gran parte de los docentes aún se encuentran en el primer nivel de adquisición de conocimiento y que factores como la edad, asignatura que imparten, juegan un papel importante en el nivel de dominio de uso de las TIC.

## Abstract

This article presents the result of the evaluation of the use of Information and Communication Technologies (ICT) and the digital skills of a group of teachers from the UAJMS. The sample is made up of 32 teachers from different academic units: Economic and Financial Sciences, Sciences and Technology, Humanities, Legal and Political Sciences, and Agricultural and Forestry Sciences who were part of the Training Program in Teaching Methodology through ICT. The data was obtained through an online survey carried out based on the “UNESCO Standards of ICT Competences for Teachers 2019” model. Of the ICT competences evaluated, those established in the three levels of knowledge have been taken into account for the present work, specifically taking three sections: Teachers’ assessment of the usefulness of ICT and its use in the classroom; mastery of technological aspects, information and communication management, creation of materials; and the use of supporting materials. Among the results obtained, it stands out that a large part of the teachers are still at the first level of knowledge acquisition and that factors such as age, the subject they teach, play an important role in the level of mastery of ICT use.

**Palabras clave:** Evaluación por competencias, tecnologías de la información y la comunicación (TIC), capacitación, metodología de la Enseñanza, ciudadanía digital.

**Keywords:** Evaluation by competencies, information and communication technologies (ICT), training, teaching methodology, digital citizenship.

## 1. Introducción.

La integración de las TIC en el ámbito educativo, se encuentra estrechamente relacionado con dos factores: la accesibilidad que se tiene a las herramientas virtuales por parte de docentes y estudiantes y por otro, las competencias requeridas para su uso. La Universidad Juan Misael Saracho, en los últimos cinco años ha llevado a cabo programas de capacitación docente en el uso de herramientas tecnológicas para la enseñanza como así también para el uso del entorno EDUCATIVO virtual MOODLE y en este último tiempo, se creó la Unidad de Innovación Docente, con el propósito de continuar con la capacitación continua en el ámbito del uso de las herramientas tecnológicas para la enseñanza.

Con la llegada del Covid-19, se irrumpió en nuevo escenario en el que las aulas y el equipamiento que se había logrado en las facultades, pasaron a segundo plano toda vez que la enseñanza pasó a ser impartida netamente a través de la virtualidad. Este cambio radical de la presencialidad a la virtualidad, demostró que para que se produzca una integración efectiva de las TIC, es necesario que los docentes las valoren como un elemento esencial en el proceso de enseñanza aprendizaje y no solamente que se posea conocimiento e incluso dominio de las herramientas tecnológicas para la enseñanza. Quedó demostrado que es necesario poseer “nuevas competencias profesionales que garanticen tanto el saber, como el saber hacer, el saber estar y el hacer saber en y con TIC” (Cabero, 2014, p.2).

Ante este escenario, surgen interrogantes acerca del uso que los docentes hacen de las tecnologías

para la enseñanza y sobre los factores que afectan su desempeño. La labor de los docentes que se desarrolla en escenarios cada vez más complejos, demandan la conjugación de conocimientos didácticos, curriculares y tecnológicos para desarrollar prácticas docentes significativas (Koehler y Mishra, 2008).

Por lo expuesto, se considera importante avanzar a través de la investigación en la comprensión de los usos de las TIC que hacen los docentes en los procesos de enseñanza-aprendizaje. En este sentido, el presente trabajo tiene como propósito presentar el resultado de la evaluación de competencias TIC alcanzadas por un grupo de docentes que fue capacitado en el uso de herramientas TIC. La evaluación se realizó a partir de los datos obtenidos tomando como base los Estándares UNESCO de Competencias en TIC para Docentes 2019.

## 2. La integración de las TIC en los procesos de enseñanza-aprendizaje

El potencial de las TIC para promover mejoras en las prácticas de enseñanza, están condicionadas por factores que están ligados no solo a la accesibilidad, sino sobre todo, al grado de conocimiento que se tenga sobre el uso didáctico de cada una de las herramientas que se tiene a disposición. Las particularidades de cada una de ellas generan las condiciones para introducir innovaciones que no serían posible sin la incorporación de tecnologías digitales (Cenich et al. 2020).

En este sentido, existe un acuerdo generalizado en reconocer que el docente es uno de los principales actores en la integración de las TIC con vistas a mejorar los aprendizajes de los estudiantes (Escudero, 2009), por lo que tomando en cuenta el vertiginoso avance de la tecnología y su irrupción en el ámbito educativo, demanda para los docentes una actualización continua de su formación (Cabero et al. 2015), que sin duda, una de estas demandas refiere al uso de TIC.

Se distinguen tres formas principales en que las TIC pueden integrarse en los procesos de enseñanza aprendizaje: la construcción guiada del conocimiento, el proceso de construcción colaborativa del conocimiento y la creación de entornos de enseñanza y aprendizaje en línea (Engel *et al.* 2010).

Respecto a la construcción guiada del conocimiento, esta refiere a la integración de las TIC en los procesos de enseñanza-aprendizaje mediante la utilización de recursos y aplicaciones que permiten combinar diferentes tipos de lenguajes y formatos en función de la intención educativa. Lo que quiere decir su uso y aplicación dependerá de la asignatura que se enseñe, por ejemplo en el área de economía, se destaca la Econoweb en <http://econoweb.es/>; en el área del derecho <https://ludotecajuridica.es/>, que destacan por la variedad de recursos que proporciona, poniendo a disposición test interactivos, información de actualidad, webquest para buscar información por internet y pasatiempos para repasar los conocimientos de la asignatura.

La segunda forma de integración de las TIC, refiere a la contribución de las tecnologías digitales al proceso de construcción colaborativa del conocimiento. En esta se encuentran aquellas herramientas que facilitan el trabajo en grupo y posibilitan la comunicación, como es el foro, chat, entre otras; y la actividad conjunta, entre los que se encuentran los editores colaborativos de textos, presentaciones, mapas conceptuales, entre otros.

La tercera forma, refiere al uso de TIC orientado a la creación de entornos virtuales para la enseñanza y aprendizaje en línea. Entre sus características principales es que ofrecen posibilidad de acceso a la información y la comunicación síncrona y asíncrona y, además poseen espacios de trabajo individual y grupal. Estas puedan darse a través de las plataformas educativas.

Sin embargo, no será posible el uso efectivo de estas herramientas virtuales, en tanto no se tenga una visión y concepción transformadora de las TIC, para ello, el docente debe contar con competencias TIC para que ser capaz de encontrar

el sentido pedagógico y didáctico de la manera en cómo se integran las TIC para enriquecer los procesos de enseñanza y aprendizaje.

### 3. Competencias TIC en docentes

Entre las competencias Docentes que exige el siglo XXI, se encuentra aquella ligada al uso de las Tecnologías de Información y Comunicación (TIC), que han irrumpido en el mundo de la educación de una manera abrupta en este último tiempo debido a la aparición del Covid-19. Situación que obligó a las universidades a acelerar la implementación de programas de capacitación docente en TIC, con el propósito de reforzar su uso en la educación para un mejor desarrollo profesional en el logro de competencias TIC y la capacidad de desplegarlas en sus estudiantes.

Por competencia digital docente, se ha establecido diferentes definiciones, entre las que se destaca, aquella entendida como el uso de las TIC para enseñar y aprender con criterios pedagógicos y didácticos y con conciencia ética y moral (Krumsvik, 2009); habilidades o destrezas que se adquieren a través de formación o capacitación frente el uso y apropiación de tecnologías de la información y las comunicaciones<sup>1</sup>, y Lázaro y Gilbert (2015) definen como la capacidad del profesorado de poseer un nivel de competencia digital que le permita utilizar la tecnología con eficacia, de forma adecuada y adaptada a sus estudiantes y a los aprendizajes que éstos deben conseguir (citado por Falcó B, José María (2017).

La UNESCO, en el Marco de Competencias de los Docentes- Versión 3, ha establecido 18 competencias las mismas que organizó en torno a los seis aspectos de la práctica profesional de los docentes, en tres niveles de uso pedagógico de las TIC por parte de los profesores. Se asocia que los que tienen competencias para usar las TIC en su

1 Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones de Colombia, en <https://mintic.gov.co/portal/inicio/Glosario/C/5495:Competencias-TIC>

práctica profesional, impartirán una educación de calidad y en última instancia podrán guiar eficazmente el desarrollo de las competencias de los alumnos en materia de TIC.

Señala que los seis aspectos de la práctica profesional de los docentes son:

- ⊙ Comprensión del papel de las TIC en las políticas educativas
- ⊙ Currículo y evaluación;
- ⊙ Pedagogía;
- ⊙ 4. Aplicación de competencias digitales;
- ⊙ Organización y administración; y
- ⊙ Aprendizaje profesional de los docentes.

El Marco de competencias desarrollados por la UNESCO, organiza en tres etapas o niveles sucesivos de desarrollo de los docentes en cuanto al uso pedagógico de las TIC: El primer nivel es de adquisición de conocimientos; el segundo nivel es el de profundización de los conocimientos y el tercer nivel es de creación de conocimientos.

**El primer nivel: adquisición de conocimientos.** Referido al momento en que los docentes adquieren conocimientos acerca del uso de la tecnología y las competencias básicas relativas a las TIC. Señalando que en este nivel, requiere que los docentes conozcan los beneficios potenciales de las TIC en el aula y en el marco de las políticas y prioridades nacionales, que sean capaces de gestionar y organizar las inversiones escolares en TIC y de utilizar la tecnología para poner en marcha el aprendizaje a lo largo de toda la vida y potenciar su propio desarrollo profesional.

Considera que los docentes que dominan las competencias del nivel de adquisición de conocimientos pueden:

- ⊙ determinar si sus prácticas pedagógicas se corresponden con políticas nacionales y/o institucionales y favorecen su consecución;

- ⊙ analizar normas curriculares y determinar cómo se pueden utilizar pedagógicamente las TIC para responder a dichas normas;
- ⊙ elegir adecuadamente las TIC en apoyo a metodologías específicas de enseñanza y aprendizaje;
- ⊙ definir las funciones de los componentes de los equipos informáticos y de aplicaciones comunes de productividad, y ser capaz de utilizarlos;
- ⊙ organizar el entorno físico de modo tal que la tecnología sirva para distintas metodologías de aprendizaje de manera inclusiva; y
- ⊙ utilizar las TIC para su propio desarrollo profesional.

**El segundo nivel: profundización de los conocimientos.** Es aquí donde los docentes adquieren competencias en materia de TIC que les permiten crear entornos de aprendizaje de índole colaborativa y cooperativa, centrados en el educando. Los docentes pueden también profundizar sus estudios vinculándose con redes nacionales y mundiales de la docencia. Es en este nivel, donde los docentes determinan cómo utilizar óptimamente las TIC para facilitar el aprendizaje y pueden vincular con los contenidos curriculares problemas de la vida real.

La pedagogía vinculada con este nivel, incluye la resolución colaborativa de problemas y un aprendizaje basado en proyectos, en cuyo marco los estudiantes analizan un tema a fondo y utilizan sus conocimientos para responder a cuestiones, interrogantes y problemas complejos de la vida.

Señala que aquellos docentes que dominan las competencias del nivel de profundización de los conocimientos pueden:

- ⊙ idear, modificar y aplicar prácticas docentes que apoyen las políticas institucionales y/o nacionales, los compromisos internacionales (por ejemplo, convenios de las Naciones Unidas), y prioridades sociales;

- ⊙ integrar las TIC de forma transversal entre las asignaturas, la enseñanza, los procedimientos de evaluación y los niveles de cada curso, y crear, gracias a la aportación de las TIC, un entorno de aprendizaje propicio en el que los alumnos demuestran que han alcanzado los niveles requeridos por los currículos;
- ⊙ idear actividades de aprendizaje basadas en proyectos utilizando las TIC; estas ayudarán a los alumnos a crear, aplicar y seguir planes de proyecto y a resolver problemas complejos;
- ⊙ combinar diversos recursos y herramientas digitales a fin de crear un entorno digital integrado de aprendizaje, para ayudar a los alumnos a desarrollar capacidades de resolución de problemas y de reflexión de alto nivel;
- ⊙ utilizar las herramientas digitales de forma flexible para facilitar el aprendizaje colaborativo, gestionar a los alumnos y otras partes involucradas en el aprendizaje, y administrar el proceso de aprendizaje; y
- ⊙ utilizar la tecnología para interactuar con redes profesionales con miras a su propio desarrollo profesional.

### **El tercer nivel: creación de conocimientos.**

En este nivel, los docentes adquieren competencias que les ayudan a modelizar buenas prácticas y a crear entornos de aprendizaje propicios para que los estudiantes creen los tipos de nuevos conocimientos necesarios para construir sociedades más armoniosas, plenas y prósperas. El objetivo de este nivel, es permitir a los docentes crear conocimientos, innovar y aprender durante toda la vida. El docente debería ser capaz no solo de idear actividades orientadas al trabajo en aula sino también de elaborar programas aplicables fuera del aula.

Los docentes que dominan las competencias del nivel de creación de conocimientos pueden:

- ⊙ efectuar una reflexión crítica acerca de las políticas educativas tanto institucionales como nacionales, proponer modificaciones, idear mejoras y anticipar los posibles efectos de dichos cambios;
- ⊙ determinar las modalidades óptimas de un aprendizaje colaborativo y centrado en el educando, con miras a alcanzar los niveles requeridos por currículos multidisciplinares;
- ⊙ al determinar los parámetros del aprendizaje, promover la autogestión de los alumnos en el marco de un aprendizaje colaborativo y centrado en el educando;
- ⊙ construir comunidades del conocimiento y utilizar herramientas digitales para promover el aprendizaje permanente;
- ⊙ liderar la elaboración de una estrategia tecnológica para la escuela, para convertirla en una organización que aprende permanentemente; y
- ⊙ desarrollar, experimentar, formar, innovar y compartir prácticas óptimas de forma continua, para determinar de qué manera la tecnología puede prestar los mejores servicios a la escuela.

A continuación, en la figura 1 se muestran cómo los tres niveles (adquisición, profundización y creación de conocimientos) y los seis aspectos educativos, están interrelacionados y se apoyan mutuamente. En la intersección de cada nivel y aspecto se encuentra una de las 18 competencias de los docentes en materia de TIC.

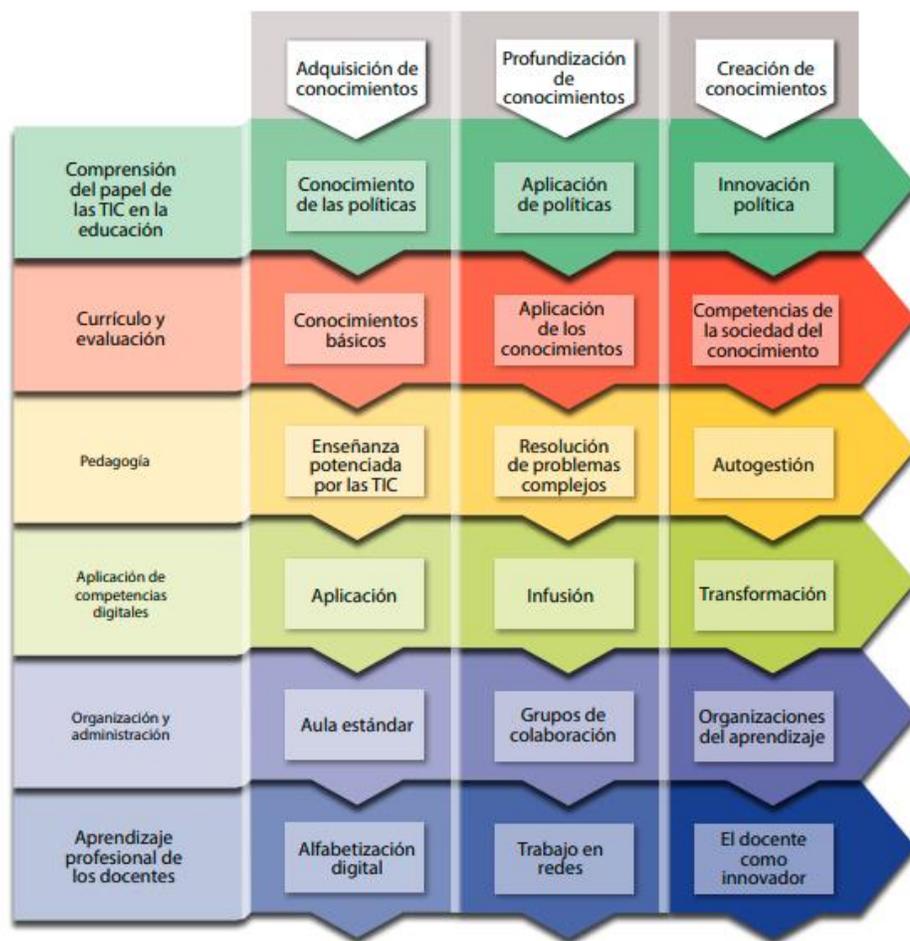


Figura 1: El Marco de competencias de los docentes en materia de TIC elaborado por la UNESCO  
Fuente: UNESCO, 2019

Para valorar la manera en cómo los procesos de capacitación están siendo implementados, la evaluación de las competencias TIC, es clave para valorar las capacidades alcanzadas en base a parámetros de comprobación, que permitan tomar decisiones en cuanto a nuevos procesos de capacitación.

#### 4. Metodología.

El objetivo del presente trabajo es describir el nivel de competencia TIC de un grupo de docentes de la UAJMS, por lo que la investigación es de carácter exploratorio con enfoque cuantitativo. La muestra está conformada por 32 docentes de diferentes áreas del conocimiento que participaron del Programa de Capacitación en Metodología de la Enseñanza a través de las TIC. Las características de la muestra participantes se detallan en las siguientes tablas.

Facultad	Docentes por género		Total Do- cente	%	Condición Docente por Facultad			
	M	F			Titular		Interino	
					N°	%	N°	%
Ciencias Económicas y Financieras	7	2	9	28,1%	5	56	4	44
Ciencias y Tecnología	9	7	16	50%	10	64	6	38
Humanidades	1	2	3	9,4%	3	100	-	-
Ciencias Jurídicas y Políticas	1	2	3	9,4%	2	67	1	33
Ciencias Agrícolas y Forestales	1	-	1	3,1%	1	100	-	-
<b>TOTAL</b>	<b>19</b>	<b>13</b>	<b>32</b>	<b>100%</b>	<b>21</b>	<b>66</b>	<b>11</b>	<b>34</b>

Tabla 1. Distribución por Facultad y sexo  
Fuente: elaboración propia

Edad (Rango)	N°		Grado máximo	N°		Género	N°		Ejercicio docente (Rango años)	N°	
	N°	%		N°	%		N°	%		N°	%
25 - 34	5	16%	PhD	-	-	F	13	41%	5 - 10	12	38%
35 - 44	8	25%	M	18	56%	M	19	59%	11 - 16	10	31%
45 - 54	9	28%	E	10	31%	-	-	-	17 - 21	7	22%
55 y más	10	31%	D	4	13%	-	-	-	22 y más	3	9%

Tabla 2. Porcentajes rango de edad, género, años de ejercicio docente, especialidad  
Fuente: elaboración propia

Grado máximo: M = Maestría, E = Especialidad, D = Diplomado

Género: F = Femenino, M = Masculino

Los docentes participantes imparten docencia en diferentes Carreras de la Universidad que fueron agrupadas por áreas de conocimiento, correspondiendo el 50% de docentes de la Facultad de Ciencias y Tecnología (Arquitectura, Ingeniería Civil, Informática), el 28% a docentes de la Facultad de Ciencias Económicas y Financieras (Economía y Contaduría Pública), el 9.4% Facultad de Humanidades (Psicología e Idiomas), el 9.4 la Facultad de Ciencias Jurídicas y Políticas, el 3.1% Facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales (Ingeniería Forestal). En cuanto a la experiencia docente la mayor participación se encuentra entre el rango de 5 a 10 años de ejercicio docente con un 38%, entre 11 a 16 años el 31%, entre 17 y 21 años el 7% y 22 años y más el 3%. El rango de edad de los participantes: el 31% se encuentra entre 55 años y más, el 28% entre 45 y 54 años, el 25% entre 35 y 44 años y el 16% entre 25 y 34 años. El 66% de los docentes son titulares y el 34% docentes interinos.

### 4.1. Instrumento utilizado

Para la recolección de datos, se utilizó la encuesta a través de un cuestionario *online* que fue contestada de forma voluntaria y anónima entre los participantes de un grupo que fue capacitado en el uso de herramientas tecnológicas para la enseñanza. El cuestionario fue elaborado en base a los lineamientos de la UNESCO (2019). Constó de cuatro apartados como se detalla a continuación:

El primer apartado: Corresponde a datos generales, personales y laborales para recopilar la información general como es: Carrera en que imparte, profesión, género, años de docencia, especialidad, edad, entre otros.

El segundo apartado: Utilización de TIC en base a intereses que le llevan a incorporar TIC en la enseñanza.

El tercer apartado: Evaluación del manejo de TIC (niveles de uso y conocimiento) que permite profundizar en el conocimiento que expresan tener los docentes de las herramientas virtuales para la enseñanza. Consta de 18 items que se agruparon en 4 dimensiones: aspectos tecnológicos, aspectos comunicativos, gestión de tareas y sobre la gestión de la información.

El cuarto apartado: que incorpora la dimensión sobre la aplicación educativa (utilización didáctica de las TIC), que evalúa el proceso de planeación y ejecución para obtener el nivel de cumplimiento de las competencias de la integración de las TIC a los procesos de enseñanza-aprendizaje. Incorpora 16 items que se agrupan en 2 dimensiones sobre: uso de aplicaciones diseñadas para la enseñanza, creación de materiales propios. En el presente artículo se realiza un resumen de los aspectos más destacados.

## 5. Resultados

Los resultados se estructuraron en tres secciones. La primera se representa la valoración de los docentes sobre la utilidad de las TIC y su uso en el aula. En la segunda, se presentan los resultados sobre el dominio de los aspectos tecnológicos (en cuando a utilización de medios, resolución de problemas técnicos, etc), gestión de la información y la comunicación (búsqueda, selección y organización de la información), creación de materiales, (crear materiales en diferentes soportes, compartir y respetar los derechos de autor); y en la tercera sección se describe la situación en relación a la utilización de materiales en soporte digital.

### 5.1. Utilidad de las TIC y uso en el aula.

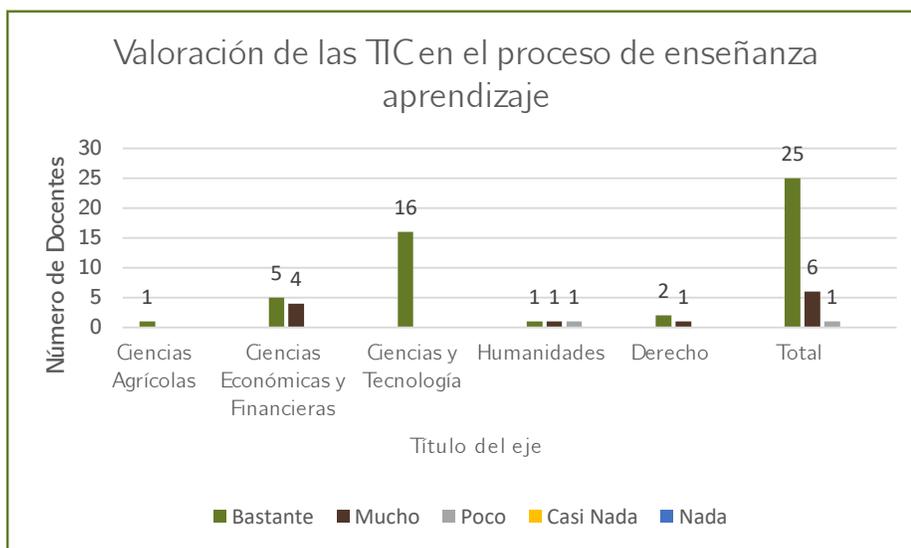


Figura 1. Valoración de las TIC en el proceso de aprendizaje por Facultades

El 78% de los docentes, es decir, 25 de 32 docentes, considera que las TIC aportan entre bastante y mucho al proceso de enseñanza-aprendizaje. Se destaca que el 100% de los docentes que pertenecen al área de Ciencias y Tecnología señalan que aportan bastante. Ningún docente sostuvo que las TIC no aportan casi nada o nada, esto era un resultado previsible, toda vez que desde marzo de 2020 al haber ingresado en su totalidad a la enseñanza a través de la virtualidad debido a las restricciones por la pandemia, los docentes tuvieron que migrar a esta nueva forma de enseñanza de manera forzada. Llama la atención la opinión dividida de los docentes de humanidades entre que aportan bastante, mucho y poco, esto en razón que fue una de las Facultades que señaló que el proceso podría llevarse de manera virtual sin mayores problemas.

Es importante aclarar que además se consultó sobre el aporte de las TIC en las asignaturas que enseñan, para lo cual existen también opiniones dispares. Algunos docentes veían dificultad en cuanto las características de los contenidos, refiriendo por ejemplo, que para el área de matemáticas era muy complejo su uso debido a la falta de capacitación en uso de programas específicos para su aplicación en el área. Otros, argumentan que para las asignaturas con alto contenido teórico es mucho más recomendable su aplicación aunque no se establece la manera cómo se utiliza para el aprendizaje de dichos contenidos.

Este primer nivel, está relacionado con el primer nivel: adquisición de conocimientos, planteado por la UNESCO, que sugiere que en este nivel, se requiere que los docentes conozcan los beneficios potenciales de las TIC en el aula y esto empieza por la valoración que tienen los docentes sobre las TIC para implementarlas en los procesos de enseñanza aprendizaje.

## 5.2. Nivel de competencia de la dimensión tecnológica

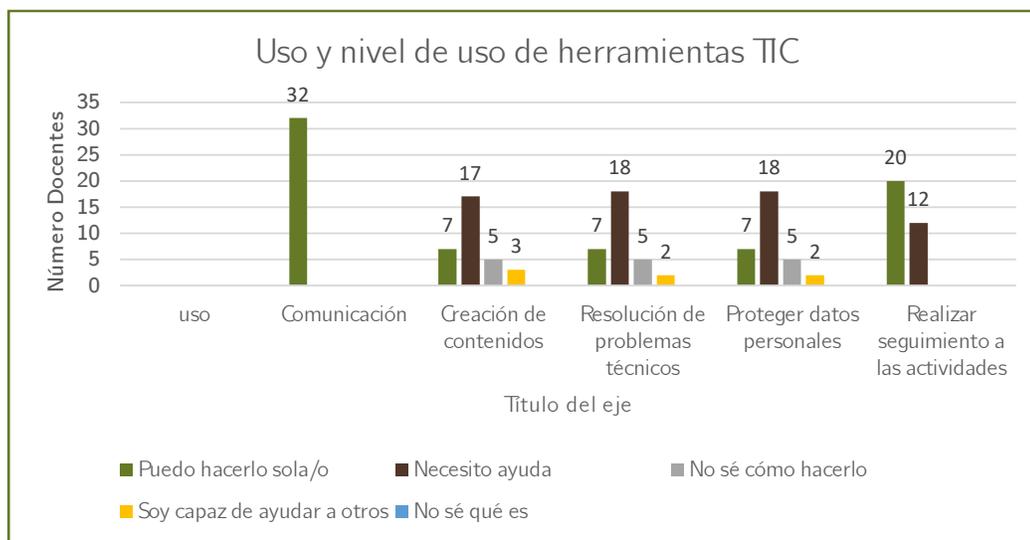


Figura 2. Uso y nivel de uso de herramientas TIC

Se consultó sobre el uso de las herramientas TIC habiendo establecido el 100% de los docentes que las utilizan para comunicarse y pueden hacerlo de manera independiente. Más del 60% de los docentes señalan que para la creación de contenidos necesitan ayuda, aspecto que es importante destacar, debido a que generalmente somos consumidores de contenidos. En relación a su uso para resolver problemas técnicos cuando se le presenten, más 66% de los docentes señala que necesita ayuda para resolver problemas; igual porcentaje de docentes señala que necesita ayuda cuando se requiere protección de datos personales. En cuanto al uso para realizar seguimiento a las actividades, llama la atención que más del 35% de docentes señaló que necesita ayuda para esta actividad, aspecto que está relacionado

con los docentes que se encuentran en el rango entre 55 años y más. También se destaca que un 3% de los docentes señaló que es capaz de ayudar a otros a resolver problemas técnicos y crear contenidos digitales. Estos docentes corresponden a la carrera de Ingeniería Informática, como era de esperarse, aspecto que también está relacionado a la formación en el área.

**Este segundo nivel, está relacionado con el segundo nivel: profundización de los conocimientos**, que plantea la UNESCO, señalando que es aquí donde los docentes adquieren competencias en materia de TIC y donde los docentes determinan cómo utilizar óptimamente las TIC para facilitar el aprendizaje y pueden vincular con los contenidos curriculares problemas de la vida real.

### 5.3. Situación en relación a utilización de herramientas digitales

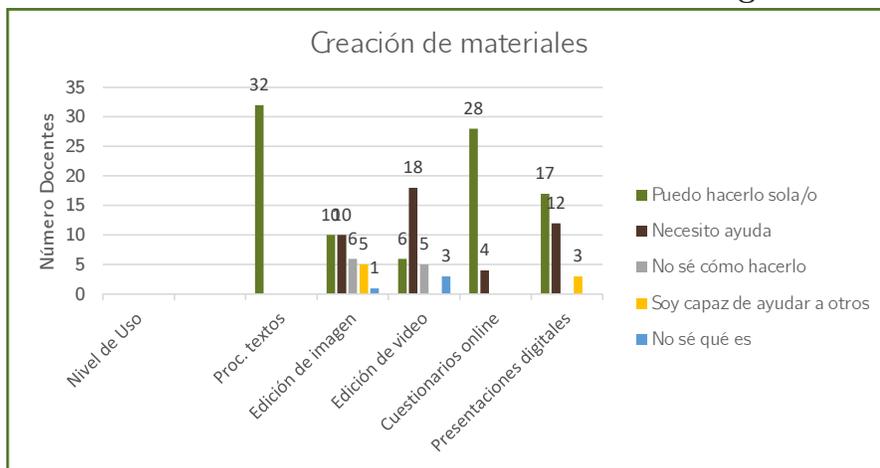


Figura 3. Creación de materiales

En relación a la creación de materiales, se puede evidenciar que el 100% de los docentes tienen competencia para procesar textos. En tanto que aproximadamente el 88% puede crear cuestionarios de manera independiente y alrededor del 13% de docentes, señala que necesita ayuda para crearlos, aspecto que llama la atención, tomando en cuenta que hasta la fecha las actividades vienen llevándose a cabo vía virtual y las evaluaciones se realizan a través de cuestionarios; sin embargo no se indagó si la evaluación que están llevando es solo vía cuestionario o tal vez se la realiza también vía oral por medio del zoom. En lo que respecta a la creación de videos el 56% de docentes necesita ayuda para crearlos, al igual que el 38% de docentes necesita ayuda para crear presentaciones. Estos datos reflejan el nivel de competencia alto para usos básicos, como procesar textos y elaborar cuestionarios, medio para otros usos más específicos como edición de imagen y video.

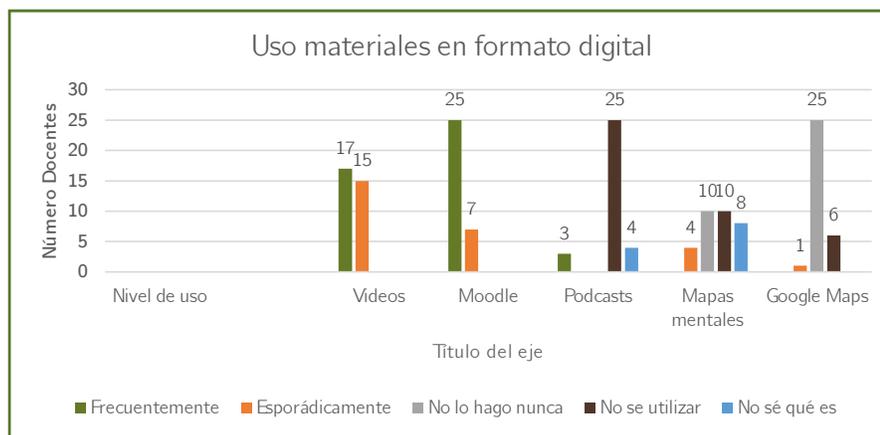


Figura 4. Uso de materiales en formato digital

El 53% de docentes señala que usa los videos para apoyar el proceso de enseñanza aprendizaje de manera frecuente y el 47% lo hace de manera esporádica. El 78% no sabe utilizar el Podcast y en el mismo porcentaje no utiliza el Google Maps. Estos resultados están en relación a la consulta que se realizó acerca de herramientas que consideraban importantes para implementar en la enseñanza de su materia, por lo que tampoco se visualizaban en sus respuestas. Los Mapas mentales, son utilizados de manera frecuente por el 25% de los docentes, en tanto que el 31% de docentes señala que sabe utilizar y en el mismo porcentaje no utilizan nunca.

**Este nivel, se relaciona con el tercer nivel: creación de conocimientos**, planteado por la UNESCO, que señala que es aquí donde los docentes adquieren competencias que les ayudan a modelizar buenas prácticas y a crear entornos de aprendizaje. El objetivo de este nivel, es permitir a los docentes crear conocimientos e innovar.

## 6. Conclusiones

Los datos sobre la evaluación de competencias TIC reflejan lo siguiente:

La mayoría de los docentes valoran la utilidad de las TIC en los procesos de enseñanza aprendizaje, aspecto que está ligado a la situación que se viene viviendo en la Universidad, donde las clases aún siguen implementándose de manera virtual. Pese a ello, todavía se evidencia que del número docentes encuestados, son muy pocos los que aprovechan su verdadero potencial, salvo excepciones que están estrechamente relacionadas con el área de conocimiento en el que imparten la docencia. Se evidencia que los docentes que aprovechan el mayor potencial de las TIC, son aquellos docentes del área de Ciencias y Tecnología.

En relación al uso y nivel de uso de herramientas TIC que está ligado al nivel de competencia de la dimensión tecnológica, la mayor parte de los docentes utiliza para comunicarse y realizar seguimiento a las actividades programadas, y gran parte de docentes necesita ayuda para solucionar algún problema que se le presente, hallazgo que

también sugiere la falta de capacitación más específica para llevar a cabo la implementación de las TIC de manera que sea significativa.

En lo que respecta a la situación en relación a utilización de herramientas digitales, se evidencia la competencia para la creación de materiales básicos, como es el procesador de texto y la elaboración del cuestionario. Esto reafirma lo señalado por Bosco (2008) y Rosario y Vásquez (2012), quien plantea que los retos de la sociedad del conocimiento hacen necesario incorporar el uso de las TIC en la formación docente para el ejercicio de nuevas competencias en la tarea pedagógica.

En general aún se presenta una baja formación o capacitación digital en herramientas concretas, teniendo en cuenta que la competencia digital resulta clave para el docente, especialmente en esta nueva coyuntura.

De los resultados expuestos, se hace necesario que los procesos de capacitación en uso de herramientas tecnológicas incorporen en mayor medida la integración de las TIC con sentido pedagógico y didáctico en las que el diseño de actividades de aprendizaje privilegie el desarrollo de competencias. Esto tomando en cuenta que en general estas prácticas de capacitación se basan en modelos didácticos tradicionales, en los que el empleo de las TIC no juega un papel determinante para ampliar o mejorar la calidad de lo aprendido, sino que constituye un recurso más añadido. Por lo que, los procesos de formación en TIC deben centrarse no sólo como un recurso que se utiliza como apoyo al trabajo habitual de clase sino más bien debe enseñarse a que se utilice como un recurso central de la enseñanza catalizador de la innovación pedagógica.

Por último, es de indicar que siguen existiendo muchos otros aspectos que precisan ser estudiados, por ello, se deben tomar con mucha cautela las conclusiones obtenidas y si bien en esta primera instancia es posible generalizarlas, no podemos arriesgarnos a totalizarlas. En este sentido, considero muy relevante seguir trabajando en esta línea de investigación e introducir los estudios de caso con el propósito de establecer criterios mucho más específicos de acuerdo a las áreas disciplinares.

## 7. Bibliografía

- ◻ Bosco, A. (2008). Las tecnologías de la información y la comunicación en la formación del profesorado: lineamientos, actualidad y prospectiva. *Razón y Palabra*, 63. Recuperado de <http://www.razonypalabra.org.mx/n63/abosco.html>
- ◻ Cabero Almenara, Julio, Verónica Marín Díaz y Carlos Castaño Garrido (2015), “Validación de la aplicación del modelo TPACK para la formación del profesorado en TIC”, @tic. *Revista d’innovació Educativa Universitat de València*, núm. 14, pp. 13-22.
- ◻ Cabero, J. (2014). Formación del profesorado universitario en tic. Aplicación del método Delphi para la selección de los contenidos formativos. *Educación XXI*, 17 (1), 111-132. doi: 10.5944/educxx1.17.1.10707
- ◻ Cenich Gabriela, Araujo Sonia, Santos Gabriela (2020) *Perfiles Educativos*. vol. XLII, núm. 167, 2020. IISUE-UNAM. Conocimiento tecnológico pedagógico del contenido en la enseñanza de matemática en el ciclo superior de la escuela secundaria.
- ◻ Engel, Anna, César Coll y Alfonso Bustos (2010), “Aprender y enseñar con tecnologías de la información y la comunicación en la educación secundaria”, en César Coll (coord.), *Desarrollo, aprendizaje y enseñanza en la educación secundaria*, Barcelona, Graó, pp. 105-130
- ◻ Escudero Muñoz, Juan Manuel (2009), “Las nuevas tecnologías y la formación del profesorado”, en Juan de Pablos Pons (coord.), *Tecnología educativa. La formación del profesorado en la era de Internet*, Archidona (España), Ediciones Aljibe, pp. 19-25
- ◻ Falcó Boudet, José María. (2017). Evaluación de la competencia digital docente en la Comunidad Autónoma de Aragón. *Revista electrónica de investigación educativa*, 19(4), 73-83. <https://doi.org/10.24320/redie.2017.19.4.1359>
- ◻ Koehler, Matthew y Punya Mishra (2008), “Introducing TPCK”, en AACTE Committee on Innovation and Technology (eds.), *Handbook of Technological Pedagogical Content Knowledge (TPCK) for Educators*, Nueva York, Routledge, pp. 3-30.
- ◻ Krumsvik, R. J. (2009). Situated learning in the network society and the digitised school. *European Journal of Teacher Education*, 32(2), 167-185.
- ◻ Lázaro C, José Luis y Gisbert Mercè (2015) Elaboración de una rúbrica para evaluar la competencia digital del docente. *Revista de Ciencias de l’Educació*. 2015, num.1. Pag. 30-47 ISSN 1135-1438. EISSN 2385-4731
- ◻ Rosario, H.J. & Vásquez, L.F. (2012). Formación del docente universitario en el uso de TIC. Caso Universidades públicas y privadas (U. de Carabobo y U. Metropolitana). *Píxel-Bit. Revista de Medios y Educación*, 41, 163-171. Recuperado de <http://acdc.sav.us.es/pixelbit/images/stories/p41/12.pdf>
- ◻ UNESCO (2019) *Marco de competencias de los docentes en materia de TIC UNESCO Versión 3*. ISBN 978-92-3-300121-3

# ARTÍCULO 2

Recibido: 21/3/2022  
Aprobado: 26/5/2022

# PRISART – Panel sostenible para fachadas

*PRISART – Sustainable panel for facades*

Marcela Colpari Carrizo<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidad de la Coruña - Coruña, España

Correspondencia del autor(es): [m.colpari@udc.es](mailto:m.colpari@udc.es)<sup>1</sup>.

## Resumen

El cambio climático y la crisis energética que se origina en gran parte por el sector de la construcción, genera problemáticas ambientales que dan pie a la innovación y búsqueda de nuevos elementos y formas de construir. A partir de esta premisa, se desarrolla la investigación de un elemento constructivo, innovador y sostenible que aprovechará las condiciones del entorno edilicio para generar recursos energéticos, es con esta base ideológica que nace PRISART.

El presente trabajo se basa en la elaboración de paneles modulares aptos para las superficies externas de edificios que podrá ser empleado mediante el sistema de fachada ventilada. La adaptación de este prototipo para el aprovechamiento a los diferentes recursos externos se dará por la modificación de sus detalles específicos generando así varios tipos modulares que se beneficiarán del sol, agua y vegetación. Este módulo también contará con otras variantes como panel estético, complementario e incluso en el interior del edificio como aislante acústico.

PRISART es un producto que ambiciona ser un concepto multifacético incorporando simplicidad, estrategia y sostenibilidad en sus componentes, resolviendo simultáneamente el campo estético y constructivo dentro de un proyecto arquitectónico.

**Palabras clave:** Sostenibilidad, Fachada ventilada, Diseño.

## Abstract

Climate change and the energy crisis that originate in part by the construction sector, generates problems to give rise to innovation and search for new elements and ways to build. From this premise, the investigation of a constructive, innovative and sustainable element is developed that will take advantage of the conditions of the building environment to generate energy resources, it is with this ideological base that PRISART was born.

The present work is based on the elaboration of modular panels suitable for the external surfaces of buildings that can be used by means of the ventilated facade system. The adaptation of this prototype to take advantage of the different external resources will be given by the modification of its specific details, thus generating several modular types that will benefit from the sun, water and vegetation. This module will also have other variants such as aesthetic panel, complementary and even inside the building as an acoustic insulator.

PRISART is a product that aspires to be a multifaceted concept incorporating simplicity, strategy and sustainability in its components, simultaneously solving the aesthetic and constructive field within an architectural project.

**Key words:** Sustainability, ventilated facade, Design.

## 1. Introducción

### 1.1. Arquitectura y sostenibilidad

Los primeros refugios del ser humano aprovechaban los recursos que ofrecían el lugar, la naturaleza o el clima. La arquitectura devenía de un estudio del entorno a la hora de diseñar una construcción y se adaptaban a las riquezas que ofrecía cada sitio. Con el paso del tiempo, debido al crecimiento poblacional y de suelo edificado, este concepto se ha difuminado en el camino, formando al sector de la arquitectura y la construcción en uno de los ejes de mayor contribución al deterioro medioambiental a través de la ocupación del espacio y del paisaje, la extracción de recursos naturales, utilización de grandes cantidades de energía, generación de residuos y contaminación durante el ciclo de vida de la obra construida.

Por esta razón durante las tres últimas décadas los procesos de diseño y edificación se han visto influenciados por la sostenibilidad y se están elaborando estrategias y alternativas constructivas de modo tal que favorezcan el desarrollo social, ambiental y económico.

### 1.2. Arquitectura y eficiencia energética

A partir de estas líneas expuestas, la construcción de edificios ya no tendrá como único objetivo de proteger a sus ocupantes de los elementos naturales, sino que además deberá contar con una restricción o mejor dicho como valor agregado que será cumplir con el objetivo de lograr una mayor sostenibilidad y ecoeficiencia mediante el desarrollo conjunto de estrategias, la inclusión de nuevos conceptos y estudios que incluirán las condiciones climáticas locales, la hidrografía, los ecosistemas del entorno; la eficacia de los materiales de construcción; la reducción del consumo de energía para calefacción, refrigeración, ilu-

minación, transporte y otros equipamientos, las fuentes de energía renovables; la minimización del balance energético global de la edificación abarcando todas las fases de la edificación: concepción, construcción, utilización y fin de su vida útil; cumplimiento de los requisitos de confort térmico, salubridad, iluminación y habitabilidad.

### 1.3. Investigación, desarrollo y tecnología

Con la imposición de nuevas Normas y Códigos de edificación sobre la eficiencia energética de los edificios, se han modificado las formas de diseñar, proyectar y planificar una obra de construcción, así como también los avances tecnológicos se han incluido en la agenda del diseño modificando los paradigmas tradicionales a la hora de construir, regulando la vida útil del edificio y evaluando sus factores principales desde la envolvente, cubiertas, forjados, suelos, ventanas y puentes térmicos incorporando investigación y desarrollo que con menor o mayor grado de tecnología se han comenzado a implementar diversas técnicas constructivas, nuevos materiales y sobre todo integración de fuentes de energía renovables que permiten la demanda energética propia para el edificio e incluso generar más energía de la consumida.

Para garantizar el aprovechamiento de las energías y conseguir un impacto ambiental nulo en las edificaciones, es fundamental aplicar estrategias basadas en criterios bioclimáticos a la hora de proyectar y elaborar un edificio dentro del marco de sostenibilidad. En el siguiente cuadro (Figura 1) se muestran algunos parámetros a tener en cuenta:

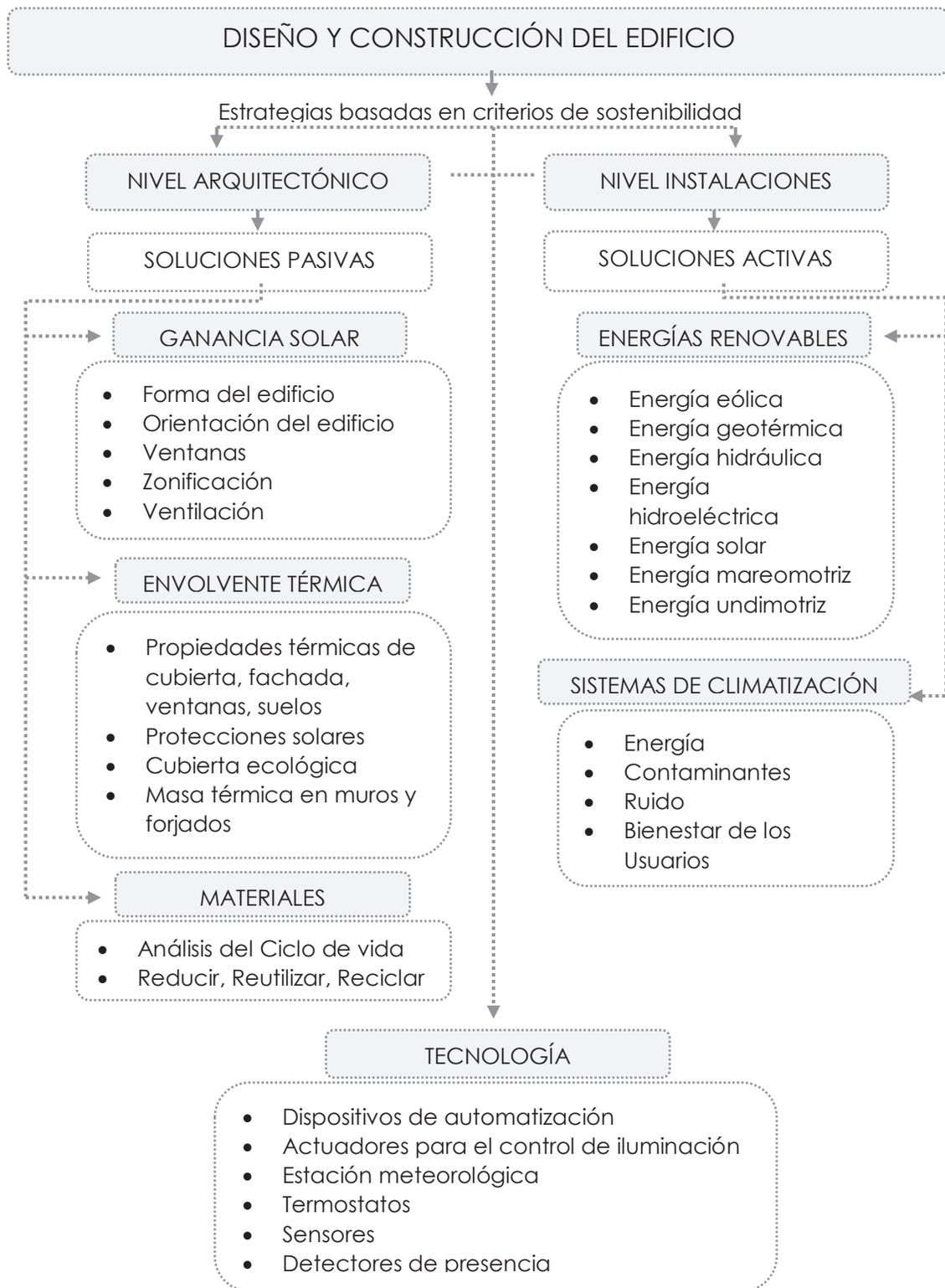


Figura 1: Etapas de diseño y construcción en base a sostenibilidad.  
Fuente: Elaboración Propia.

## 2. Metodología

Se realiza una investigación exploratoria hasta llegar a la definición de un prototipo y posteriormente descriptivo del diseño del elemento para adecuar su uso constructivo:



Figura 2: Esquema de metodología.  
Fuente: Elaboración Propia

### 3. PRISART: El panel

#### 3.1. Generación de la idea

Elaborar una propuesta técnica de un elemento constructivo adaptado al sistema de fachada ventilada, que combine las particularidades de su uso en relación con el proyecto arquitectónico y condiciones atmosféricas para cubrir la demanda de desarrollo sostenible en el campo de la construcción, mediante un estudio del proceso de elaboración de un material reciclado, diseño y eficiencia energética.

##### 3.1.1. Elección del material

Existe una primera instancia en que se reconoce la industria del plástico como el factor de mayor contaminación actual debido a su producción masiva y descontrolada que se lleva a cabo diariamente en todo tipo de productos destinados muchas veces a un único uso por parte del consumidor; el uso de estos productos de manera poco consciente y su posterior desinterés en el reciclaje de los residuos generados.

Es así que se realiza una indagación sobre los diferentes tipos de productos plásticos que se utilizan, producen y consumen globalmente y entre estos se determinó la existencia de un producto que cuenta con un uso y forma similar de producción en varios países y es el envase de plástico contenido de yogurt.

Este envase llamó la atención por su forma pequeña, de fácil manejo y su empaque que puede venir de forma repetitiva tal que al momento en que el consumidor desea comprar el producto tiene la opción de adquirir la cantidad que desea debido al despliegue simple de separación entre cada unidad.

Es decir, de este producto se toma el concepto de repetición en serie y fácil manejo y apilamiento entre los mismos; y su posibilidad infinita de reciclaje, principalmente pudiendo reutilizarse como contenedor de otros productos (Figura 3)



Plástico + envase de fácil manejo + repetitivo

Figura 3: Envase de yogurt.

Fuente: Elaboración Propia

##### 3.1.2. Definición de la geometría

Habiendo hecho el “BRAINSTORMING” o “lluvia de ideas” como proceso metodológico con este envase de yogurt, surge el concepto de un elemento que cumpliera la función de contenedor. Se realizan bocetos y esquemas sobre una geometría que brindara la mayor eficacia para su uso, sea visualmente estético y cumpla una función arquitectónica.

Una especie de prisma cuadrado (PRISMA A) sumado a una pirámide (PRISMA B) es el resultado de la evolución de los bosquejos de diseño, ya que este es un poliedro irregular que por su forma puede abarcar cuatro caras simultáneamente (Figura 4).

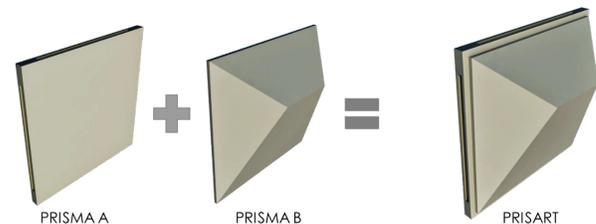


Figura 4: Formulación geométrica panel PRISART.

Fuente: Elaboración Propia.

A partir de esta definición y una evaluación de las posibles funcionalidades que tendrá el elemento, se introduce un segundo prisma rectangular que ayudará en la composición como articulador de las diferentes funciones y proceso de montaje en la estructura (Figura 5).

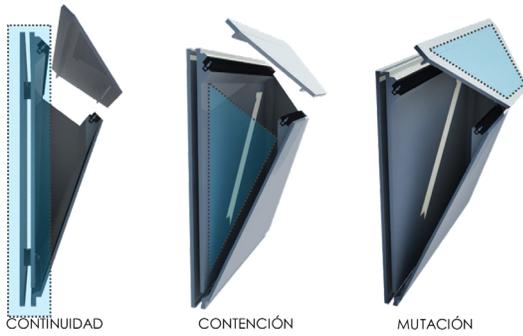


Figura 5: Concepto geométrico panel PRISART.  
Fuente: Elaboración Propia.

## 4. Aplicaciones panel Prisant

El objetivo principal del panel es la captación de los recursos naturales como sol, agua de lluvia y utilización de vegetación; por este motivo a partir del PROTOTIPO, es decir el molde standard se va adaptando a diferentes alternativas que se resume en las siguientes tipologías:

### 4.1. Panel Prisant captación solar

Toma la energía solar mediante las superficies que cuentan con células fotovoltaicas sujetas a una inclinación dada por la longitud y latitud del lugar (Figura 6).

Durante el diseño de la instalación de los paneles fotovoltaicos, es fundamental seleccionar la fachada con mayor incidencia solar a lo largo del día para tener la máxima producción de energía posible. Dado que los paneles fotovoltaicos son más productivos cuando los rayos solares son perpendiculares a sus superficies, se deberá realizar un cálculo respecto a la ubicación geográfica en que se encuentra.



Figura 6: Panel PRISART Captación Solar.  
Fuente: Elaboración Propia.

### 4.2. Panel prisant recolección de agua

Este panel utiliza el diseño standard como base y en la parte superior se posiciona una “tapa” que cuenta con orificios para permitir el paso del agua. Además el interior cuenta con un diseño que dirige el agua hasta un tanque de almacenamiento. Se pretende realizar la recolección de agua pluvial para uso no potable en la edificación, en zonas como riego de plantas, limpieza y uso en aseos.



Figura 7: Panel PRISART Captación Recolección de agua.  
Fuente: Elaboración Propia.

### 4.3. Panel Prisant vegetación

Los niveles de CO<sub>2</sub> que son liberados al ambiente contribuyendo a la acumulación de gases de efecto invernadero, resulta en un aumento de temperaturas y deterioro de la salud; lo que genera la alternativa de elevar el uso de espacios verdes en cubiertas y/o fachadas. Es así que nace el diseño del panel PRISART VEGETACIÓN, usa el módulo standard como base con su cara superior descubierta, formando así un contenedor para el material de jardinería. Las especies vegetales dependerán de su ubicación geográfica y se empleará materiales y nutrientes para prolongar su autosustentabilidad.



Figura 8: Panel PRISART Vegetación.  
Fuente: Elaboración Propia.

#### 4.4. Panel prisart riego

La implementación de paneles vegetales hace necesario que exista un sistema de riego en la fachada que permita cubrir las necesidades exigidas por las plantas. En la búsqueda de una solución de poca complejidad y que no represente un consumo energético adicional, se desarrolló un panel dedicado a esta función a través del aprovechamiento del agua de lluvia. Este panel recolecta el agua de manera similar al panel de vegetación; a diferencia de que el agua de lluvia es transferida desde su interior hacia el panel de vegetación ubicado debajo de éste. Dicho proceso se realizará a través de un sistema de riego por goteo, que permitirá suplir de agua a las plantas por gravedad, haciéndolo de manera progresiva y sin recurrir al uso de energía.



Figura 9: Panel PRISART Riego.  
Fuente: Elaboración Propia.

#### 4.5. Panel prisart acústico

Este panel está pensado en aprovechar la forma de los paneles que favorecen a la reducción de la contaminación acústica y acondicionan el ambiente mediante su volumen y su contenido interior de vacío como solución constructiva para conseguir una correcta atenuación en la transmisión del ruido y vibraciones entre espacios. A diferencia de los anteriores paneles; por ser de uso interior del edificio, no requerirá de una estructura de fachada ventilada, por lo que podrá ir anclado a una subestructura de perfiles y grapas para sustento del panel.

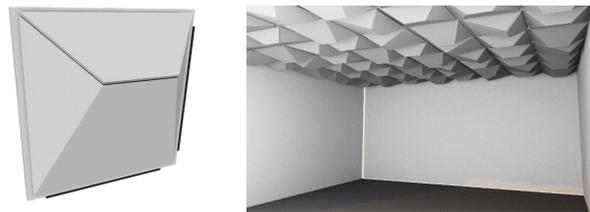


Figura 10: Panel PRISART Acústico y ejemplificación interior. Fuente: Elaboración Propia.

#### 4.6. Panel prisart complementario

La implementación de la modulación de paneles 60x60cm en la fachada en algunos casos -como una rehabilitación (recuperación de una fachada que se ha deteriorado)- se puede dar que la grilla edilicia no concuerde con la modulación del panel. Es para este tipo de situaciones primordialmente que se decide tener la opción de un panel complementario; siendo completamente versátil a la hora de adaptarse a los diferentes escenarios que se puedan encontrar en obra como esquinas, terminaciones, encuentros con vanos y aberturas.

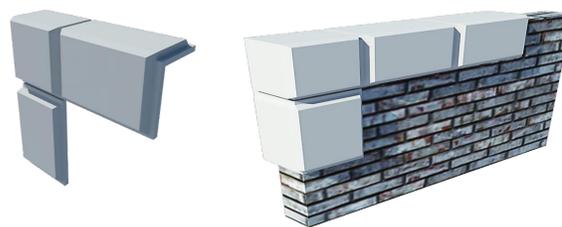


Figura 11: Panel PRISART Complementario y ejemplificación uso en esquinas.  
Fuente: Elaboración Propia.

### 5. Sistema de fachada ventilada

#### 5.1. Concepto fachada ventilada

Es un sistema constructivo de doble piel que está compuesto por paneles independientes al muro soporte fijados a través de una estructura portante, de modo que se crea una cámara ventilada la cual contribuye a reducir los efectos negativos de los agentes externos y humedad, permitiendo

minimizar la transmitancia térmica en verano. (Oria, Tutor and Zamora 2010) La fachada ventilada genera un cambio en la etapa constructiva en cuanto a racionalización de inversiones, peso de materiales y la posibilidad de uso de nuevos materiales junto con la resolución del confort térmico y acústico que aporta la cámara de aire. («¿Cómo funcionan las fachadas de doble piel? | Plataforma Arquitectura» 2019)

## 5.2. Elementos fachada ventilada prisart

- ⊙ La hoja interior. Forma parte del conjunto interno de la edificación, ejerciendo la función portante de recibir las diferentes cargas que deriven del edificio o estrictamente efectuar la función de cerramiento.
- ⊙ Subestructura. Se utilizarán una serie de anclajes, uniones y grapas de aluminio para la fijación de los paneles PRISART, fabricados por la empresa STROW SISTEMAS. («Inicio - Fachadas Ventiladas Strow» 2020)
- ⊙ Aislante Térmico. Se opta por utilizar el material `Lana de roca` que cumple funciones como aislamiento térmico y protección contra incendios además de resistencia al agua de lluvia, no se desfibra ante la acción del viento y no necesita velo protector.
- ⊙ Cámara de aire. Su diseño requiere de una estrategia de ventilación que asegure que el desempeño de la envolvente sea coherente con el concepto arquitectónico y la edificación a ejecutar el sistema.
- ⊙ La hoja exterior: PANEL PRISART. La elaboración del Panel PRISART se basa en un estudio previo al edificio, sus necesidades, condiciones del entorno, climáticas y evaluación de eficiencia energética.

## 6. Tipologías subestructura

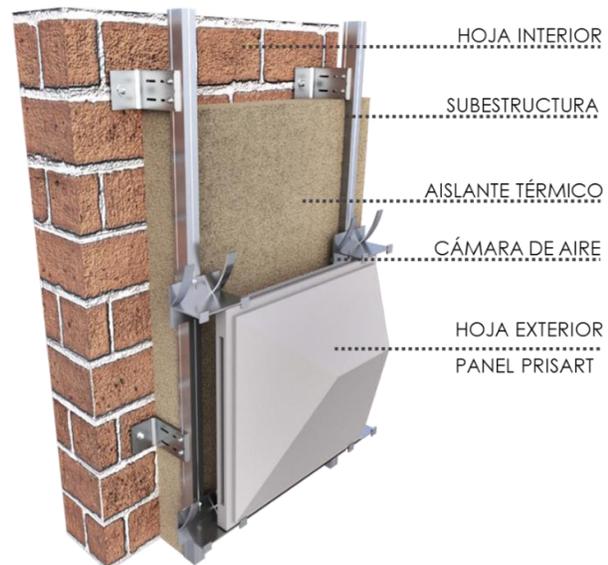


Figura 12: Fachada Ventilada PRISART con sus componentes. Fuente: Elaboración Propia.

Un sistema constructivo innovador no sería posible si no se adapta a las situaciones reales edilicias que se pueden clasificar en tres tipos: Edificios con muro vidriado, edificios con muro ciego y rehabilitación de fachadas. Es por eso que se analizan las diferentes posibilidades de implementación del sistema de fachada ventilada PRISART y se opta por generar diferentes sub-estructuras para la resolución de éstos tres tipos:

### 6.1. Edificios con muro vidriado

Para esta resolución se tuvo en cuenta que el principal objetivo del vidrio es el paso de luz natural, es por eso que los paneles debían continuar con esa línea y se plantea elementos sub-estructurales corredizos para que el usuario pueda realizar movimiento de los paneles en conjunto y de acuerdo a la necesidad de interior. Para el mantenimiento de la fachada se plantea colocar pasarelas metálicas internas y/o externas –dependiendo del caso edilicio- para su ejecución ya sea desde el interior del edificio o mediante andamios desde el exterior.

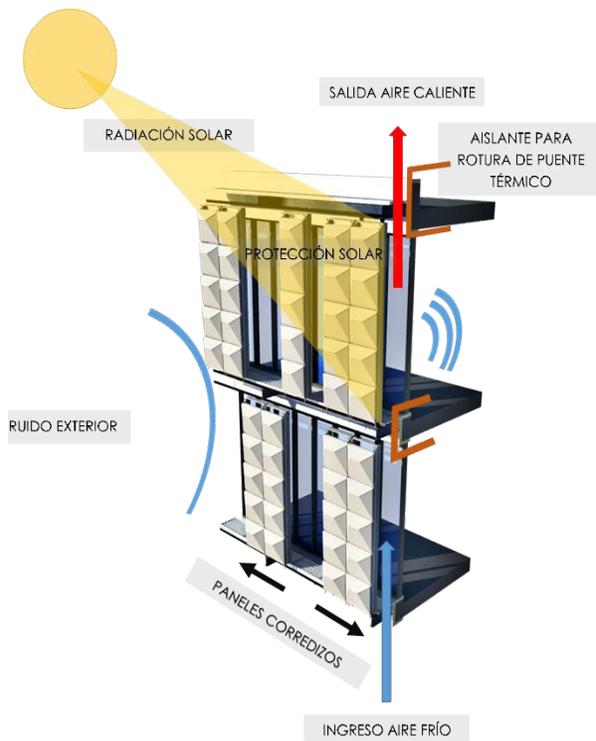


Figura 13: Fachada ventilada PRISART adaptada a muro vidriado. Fuente: Elaboración Propia.

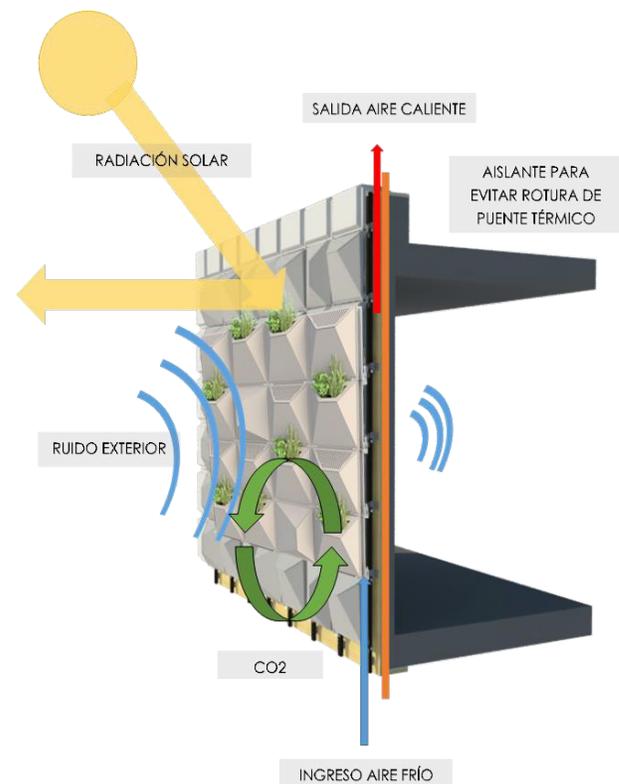


Figura 14: Fachada ventilada PRISART adaptada a muros ciegos. Fuente: Elaboración Propia.

## 6.2. Edificios con muros ciegos

Como se pudo ver en proyectos de Jardines Verticales («Jardines Verticales Bogotá y Colombia - Vertín» 2019); en este caso se plantea el uso del prototipo PANEL VEGETACIÓN y PANELES COMPLEMENTARIOS como forma de resolución de esquinas favoreciendo a la estética del muro. Se puede decir que en estos muros es donde se puede generar la mayor diversificación y aprovechamiento de uso mixto de los diferentes tipos de paneles.

## 6.3. Rehabilitación de fachadas

Por último, es importante tener en cuenta las nuevas normativas de uso energético -sobre todo a nivel europeo-, (Europea 1996); conociendo la cantidad de edificios -sobre todo residenciales- que existen que no aprovechan su envolvente, se plantea el sistema PRISART como solución a esta demanda. La intervención de una fachada no sólo es para dar un valor decorativo, sino también para reparar zonas deterioradas e influir en la calidad de vida de las personas que habitan en el edificio con el tratamiento aislante.

Dentro de las diferentes tipologías de paneles PRISART, lo más recomendable es el uso de los paneles de Captación Solar para la obtención de energía solar y conversión a energía eléctrica para reducción de gasto en la factura del mismo, generando un ahorro energético y económico.

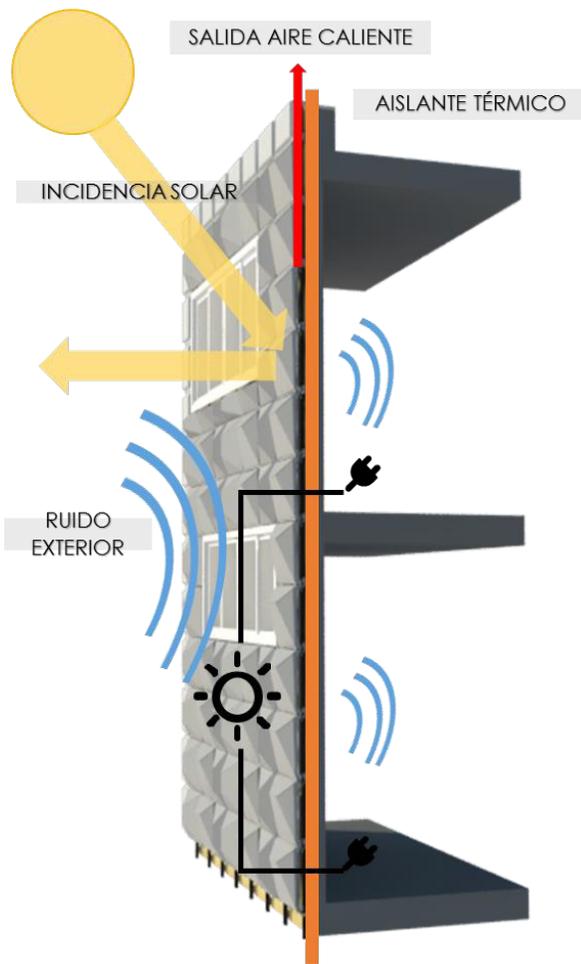


Figura 15: Fachada ventilada PRISART adaptada a Rehabilitación de fachadas.

Fuente: Elaboración Propia.

## 7. Impacto ambiental

Generalmente el ciclo de vida de los productos de diseño industrial tiene en cuenta las etapas de producción, distribución comercial y uso; quedando relegado el tema del cuestionamiento de donde provienen las materias primas y su posterior uso de gestión de los residuos. Desde PRISART se plantea que esa economía lineal genere un nuevo ciclo de vida dándole al producto su uso y reutilización de los productos o ya sea reciclaje para crear una economía circular del mismo (Figura 16).

PRISART plantea ser una empresa innovadora y dinámica dedicada al diseño, producción, fabricación, construcción, instalación, mantenimiento, desmontaje y gestión de los residuos del prototipo para fachadas ventiladas y generará como principales políticas:

- ⦿ Compromiso con el medio ambiente, generando actividades que promuevan el cuidado del mismo, formación ambiental y técnica a los empleados.
- ⦿ Generar un producto eficiente y amigable con el medio ambiente, capaz de aprovechar al máximo los recursos naturales en las fachadas.
- ⦿ El panel PRISART está diseñado específicamente para que revolucione el mercado de las fachadas ventiladas.
- ⦿ El prototipo prevé ser un producto de calidad y eficiente, desde la recolección de su materia prima hasta la instalación y gestión de los residuos generados.
- ⦿ Se pretende crear un producto para que el sector de la construcción disminuya las emisiones que genera y desarrolle prácticas y técnicas bajo los ideales de una economía sostenible y circular, usando materiales eficientes como el módulo PRISART.
- ⦿ Garantizar el buen desarrollo de las actividades dentro y fuera de la empresa, reflejando ante todo la protección del medio ambiente y de los trabajadores.

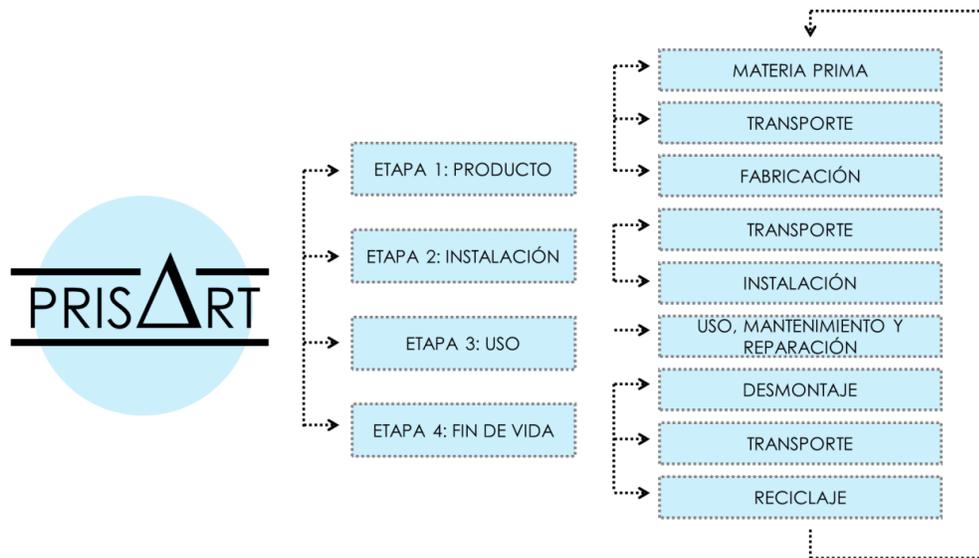


Figura 16: Etapas de producción empresa PRISART mediante una economía circular.  
Fuente: Elaboración Propia.

## 8. Conclusiones

Se ha logrado elaborar un prototipo modular para fachadas y se adaptó a las diferentes características y recursos para dar solución a la crisis bioclimática ocasionado por diferentes factores en parte de la construcción. Con la presente investigación también se puede concluir que:

- ⊙ La innovación proveniente de la imaginación y la intuición son la base para un porvenir en el futuro. Crear e innovar un producto requiere de mucha sensibilidad en sus partes, en sus funciones y adaptabilidad. Fue así que la etapa de diseño y elaboración del prototipo fue la más importante, para así poder adaptar y tomar un material -como el plástico- y conseguir un rango importante de sostenibilidad para el edificio.
- ⊙ Cambiar el sistema de construcción es una de las alternativas más favorables para alternar la rutina de los malos hábitos del derroche de los recursos naturales mediante los condicionantes

de la construcción tradicional. Se deben repensar nuevos sistemas, materiales, tecnologías y sobre todo la participación de cada uno de ellos dentro de una obra a construir.

- ⊙ La Empresa PRISART tiene la misión de demostrar que hoy en día es importante crear elementos con la mayor versatilidad posible para responder a diferentes situaciones en simultáneo. Estas situaciones no solamente responderán a una crisis ambiental, sino también como elemento estéticamente factible a la hora de que un proyectista/diseñador decida utilizar el elemento constructivo.

Estamos viviendo una época de grandes cambios e incertidumbres en donde la única afirmación que se puede transcribir es la concientización sobre el uso de nuestros recursos naturales como ingenieros, como arquitectos, como seres pensantes y habitantes del único hogar que tenemos: el planeta Tierra.

## 9. Bibliografía

- 🔖 ¿Cómo funcionan las fachadas de doble piel? | Plataforma Arquitectura. [en línea], 2019. [Consulta: 24 August 2020]. Disponible en: <https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/922899/como-funcionan-las-fachadas-ventiladas>.
- 🔖 EUROPEA, C., 1996. CIUDADES EUROPEAS SOSTENIBLES. [en línea]. [Consulta: 9 August 2020]. Disponible en: <http://www.upv.es/contenidos/CAMUNISO/info/U0595456.pdf>.
- 🔖 Inicio - Fachadas Ventiladas Strow. [en línea], 2020. [Consulta: 28 August 2020]. Disponible en: <http://www.strow.es/>.
- 🔖 Jardines Verticales Bogotá y Colombia - Vertín. [en línea], 2019. [Consulta: 24 August 2020]. Disponible en: <https://www.vertinvertical.com/jardines-verticales-bogota.php>.
- 🔖 ORIA, A., TUTOR, A. and ZAMORA, B., 2010. PROYECTO FINAL DE CARRERA LA EVOLUCIÓN DE LAS FACHADAS VENTILADAS, NUEVOS MATERIALES Y SISTEMAS CONSTRUCTIVOS. S.l.: Universitat Politècnica de Valencia. Valencia, España.

# ARTÍCULO 3

Recibido: 22/4/2022

Aprobado: 6/6/2022

# Determinantes del tiempo y humedad de equilibrio en la deshidratación osmótica de aguaymanto (*Physalis peruviana* L.)

*Determinants of time and moisture equilibrium in the osmotic dehydration of aguaymanto (*Physalis peruviana* L.)*

Oliver Taype Landeo (<http://orcid.org/0000-0003-4197-1164>)<sup>1</sup>, Peter Llimpe Perez (<http://orcid.org/0000-0003-2422-6250>)<sup>2</sup>, Sandy Vialid Yauricasa Tornero (<http://orcid.org/0000-0002-2793-5522>)<sup>3</sup>, Estephany Katterine Crisanto Soto (<http://orcid.org/0000-0002-1790-7552>)<sup>4</sup>

<sup>1,2,3</sup> Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial/Facultad de Ciencias Agrarias/Universidad Nacional de Huancavelica/Común Era-Acobamba-Huancavelica.

<sup>4</sup> Ingeniería Agroindustrial e Industrias Alimentarias/Facultad de Ingeniería Industrial/Universidad Nacional de Piura/Piura.

**Correspondencia del autor(es):** [oliver.taipe@unh.edu.pe](mailto:oliver.taipe@unh.edu.pe)<sup>1</sup>.

## Resumen

El aguaymanto (*Physalis peruviana* L.) es un fruto exótico de los andes del Perú, muy apreciada por su sabor característico propia y sus compuestos biofuncionales. El objetivo fue determinar el tiempo de equilibrio de pérdida de humedad durante la deshidratación osmótica de aguaymanto (*Physalis peruviana* L.). Metodología fue caracterizar fisicoquímica, anunciando el modelo de Peleg sobre pérdida de humedad en %H versus los tiempos t, ajuste de modelo polinómico cuadrático. Resultados, el modelo polinómico de pérdida de humedad en %H para un tiempo t, con mayor ajuste fue 60 °Brix y 40 °C ( $R^2 > 0,8296$ ). La ecuación de Peleg se ajustó a ( $R^2 > 0,9805$ ) pérdida de humedad en %H versus los tiempos t, con los coeficientes K1 y K2 de Peleg se obtuvo la mayor velocidad inicial de transferencia de agua ( $1/K1$ ) con un valor de 1,784 min/% a 60 °Brix y 50 °C y la menor humedad de equilibrio ( $H_0 + 1/K2$ ) con 22,76% a 60 °Brix y 50 °C. Concluyendo la determinación de tiempo de equilibrio y la humedad de equilibrio presentó significativamente con la aplicación del modelo de Peleg siendo muy práctico en establecer la temperatura que influye en tiempo de equilibrio y humedad de equilibrio, en la deshidratación osmótica.

**Palabras clave:** Carotenoides, Humedad de equilibrio, Modelo Peleg, Temperatura.

## Abstract

Aguaymanto (*Physalis peruviana* L.) is an exotic fruit from the Andes of Peru, highly appreciated for its own characteristic flavor and its biofunctional compounds. The objective was to determine the equilibrium time of moisture loss during osmotic dehydration of aguaymanto (*Physalis peruviana* L.). Methodology was to characterize physical chemistry, announcing Peleg's model on moisture loss in %H versus times t, adjustment of quadratic polynomial model. Results, the polynomial model of moisture loss in %H for a time t, with the best fit was 60 °Brix and 40 °C ( $R^2 > 0.8296$ ). Peleg's equation was adjusted to ( $R^2 > 0.9805$ ) moisture loss in %H versus times t, with Peleg's K1 and K2 coefficients, the highest initial water transfer rate ( $1/K1$ ) was obtained with a value of 1.784 min/% at 60 °Brix and 50 °C and the lowest equilibrium humidity ( $H_0 + 1/K2$ ) with 22.76% at 60 °Brix and 50 °C. Concluding the determination of equilibrium time and equilibrium humidity, it was significantly presented with the application of the Peleg model, being very practical in establishing the temperature that influences equilibrium time and equilibrium humidity, in osmotic dehydration.

**Key words:** Carotenoids, Equilibrium Humidity, Peleg Model, Temperature.

## 1. Introducción

El aguaymanto (*Physalis peruviana* L.) es una fruta tropical exótica de los Andes Sudamericanos; conocida también por los pobladores de Acobamba – Huancavelica, con la denominación de Puchi puchi (*Physalis peruviana* L.) a este fruto exótico andino, que es considerada delicatessen y muy admitida por los consumidores, tienen propiedades compuestas, especialmente en el comercio internacional que conducen a un precio alto, gracias a sus bondades, aceptabilidad y valor nutritivo, como el ácido ascórbico (vitamina C), el  $\beta$ -caroteno (provitamina A), el complejo B, la fibra, la fructosa y el fenólico, presentan efectos anticancerígenos al atrapar los radicales libres, mejorando la protección antioxidante celular (Encina et al., 2007; Leites, 2013; Peña, et al., 2013; Ramadan, 2011; Guevara, et al., 2018) una elección excelente para los alimentos biofuncionales gracias a una composición de minerales y vitaminas, mejorando el valor nutritivo (Peña, et al., 2013). El aguaymanto es el principal cultivo de exportación que está ubicado en el segundo lugar agroexportable (Ramadan, 2011).

Es importante que las empresas de alimentos conozcan el tiempo de deshidratado en términos de humedad y tiempo de equilibrio, ya que esta información ayudaría a las empresas de alimentos en comprender la optimización del secado y sus beneficios, así como la osmodeshidratación y el secado por aire caliente.

El deshidratado es un método osmótico ampliamente utilizado y es un paso importante para reducir la menor pérdida de nutrientes y mejorar la calidad del producto final (Tonon et al., 2007; Hui et al., 2012).

El deshidratado osmótico prolongado con solución hipertónica conduce a un aumento en el volumen de frutas y verduras, que es directamente proporcional al tiempo de la inmersión. Este proceso osmótico degrada mínimamente favoreciendo en mantener el color original de la fruta (Urfalino, D. 2014). Este proceso implica sumergir entera

o trozos la fruta en una solución concentrada de la sustancia compatible procesado, estableciendo dos flujos en contra corriente (agua y solvente) que de alguna manera absorben el agua de las células para eliminar de la fruta, haciendo el ingreso de sacarosa al tejido celular y expulsando el agua hasta alcanzar el equilibrio en el sistema (Osorio et al., 2007; Nowacka et al., 2014).

Al aumentar la concentración de la solución osmótica preparada y mantener una temperatura estable, la humedad de equilibrio disminuye, por lo tanto, la humedad de equilibrio es mixta por los efectos de la temperatura (Corzo & Bracho, 2006).

La ecuación de Peleg es un modelo de predicción del contenido de humedad y peso de frutos deshidratados bajo la acción osmótica de la sacarosa concentrada a 40 °Brix y 50 °Brix así mismo a una temperatura de 40 °C y 50 °C. Aunque el efecto osmótico es estable, la resistencia al agua y las diferentes presiones según el Modelo de Arrhenius. El contenido de humedad y el peso en equilibrio, determinados a partir del Modelo de Peleg, se pueden predecir mediante una función de la concentración y la temperatura de la solución osmótica. De manera similar utilizaron el Modelo de Peleg para mostrar no existe estudios de fluido osmótico y la fruta empleando la técnica de Modelo de Peleg (Corzo, et al., 2008). El objetivo del presente trabajo fue determinar el tiempo de equilibrio en la deshidratación osmótica de aguaymanto (*Physalis peruviana* L.)

## 2. Materiales y métodos

### 2.1. Ámbito de estudio

La fruta de aguaymanto (*Physalis peruviana* L.) se adquirieron de la provincia de Acobamba - Huancavelica, realizándose la caracterización fisicoquímica, el proceso de deshidratación osmótica, la determinación de tiempo de equilibrio y la humedad de equilibrio. Todos los análisis se realizaron en el Laboratorio de Procesos Agroindustriales.

triales 01 de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial, de la Facultad de Ciencias Agrarias, de la Universidad Nacional de Huancavelica.

## 2.2. Selección y preparación del material vegetal

Los aguaymantos (*Physalis peruviana* L.) se recolectaron en condición maduro, se sometió a descapullado, lavado, pesado en 4000 mg, medido en diámetros de 17 mm, pelado.

Los aguaymantos se pesaron cada uno empleando el uso de una balanza analítica (Marca Mettler Toledo, Modelo: PB4002-S, precisión  $\pm 0,001$  g). Para determinar el diámetro de cada aguaymanto, se realizó por medida de un pie de rey en una unidad de medida de mm. Ambos análisis se realizaron a una temperatura ambiental de  $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ .

Mientras la caracterización fisicoquímica (Tabla 1) se determinó mediante la técnica de AOAC (1990)

Características	Valor	Unidades
Humedad	78,1	%
Solidos Solubles	14,7	°Brix
Diámetro	17,0	mm

Tabla 1. Composición fisicoquímica de la esfera de aguaymanto.

\*Valor determinado de 5 promedios

## 2.3. Tratamientos

Se realizaron cuatro tratamientos, que se manejaron concentraciones de jarabe preparada a 40 °Brix y 60 °Bx con refractómetro digital (Marca: HANNA, Modelo: HI96801, Escala 0 a 85 °Brix) y las temperaturas de 40 °C y 50 °C verificado con termómetro digital (termómetro de mercurio con rango de menos 10 a más 420 °C), realizándose

se la inmersión en el jarabe (solución de sacarosa) a las esferas de aguaymanto en un deshidratador osmótico diseñado y controlando el tiempo de inmersión (5 minutos, 10 minutos).

### 2.3.1. Deshidratación osmótica

Luego fueron deshidratadas en una relación de fruta y jarabe equivalente a 1:3 (aguaymanto: jarabe).

En el proceso de deshidratación osmótica se seleccionaron al azar las esferas de aguaymanto para determinar el peso y la humedad; de cada grupo experimental se extrajo cada 20 minutos. La solución osmótica se almacenó en un equipo de deshidratador osmótico circular con adjunto del motor en la tapa superior para la agitación con 200 rpm, con el fin de mantener constante y homogénea la solución osmótica durante el proceso de deshidratación osmótica y verificando los °Brix de la concentración de sacarosa con el refractómetro digital (Marca: HANNA, Modelo: HI96801, Escala 0 a 85 °Brix).

Para el siguiente experimento se bajó las revoluciones y los voltios, trabajándose con 110 V y con una agitación constante de 406 rpm. Se utilizaron diferentes temperaturas (40 y 50 °C) y concentraciones de solución osmótica (40 y 60 °Brix).

Para determinar cada tratamiento el tiempo de equilibrio y Modelo de Peleg se realizó con dos repeticiones y como se indica a continuación:

#### 2.3.1.1. Tiempo de equilibrio:

Se determinó derivando las ecuaciones polinómicas de evolución de la humedad (Ecuación 1).

$$\%H = a - bt + ct^2 \quad \text{Ec. (1)}$$

Ecuación 1.

Donde: %H = Pérdida de humedad; t = Tiempo; a, b y c = Coeficiente del polinomio, respectivamente.

2.3.1.2. *Modelo de Peleg:*

La pérdida de humedad en el producto se modeló mediante la ecuación propuesta por Peleg (1988).

$$\frac{t}{H_w - H_{w0}} = K_1 + K_2 t \quad \text{Ec. (2)}$$

Ecuacion 2.

Donde: t = Tiempo de deshidratación osmótica;  $H_w$  = Contenido de humedad a tiempo t;  $H_{w0}$  = Contenido de humedad inicial;  $K_1, K_2$  = Parámetros del modelo.

2.3.1.3. Humedad de equilibrio de Peleg:

Mediante el Modelo de Peleg se determinó la humedad de equilibrio haciendo y se encontró la relación con  $K_2$ .

$$H_{we} = H_{w0} \pm \frac{1}{K_2} \quad \text{Ec. (3)}$$

Ecuacion 3.

Donde:  $H_{we}$  = Humedad de equilibrio;  $H_{w0}$  = Humedad inicial.

### 3. Resultados y discusiones

#### 3.1. Tiempo de equilibrio en la pérdida de humedad en aguaymanto.

En la Tabla 2, se muestra el resumen de los valores del tiempo de equilibrio para cada tratamiento donde se observa un tiempo mínimo de 318 minutos del T3 (60 °Brix y 40 °C), seguido de 349 minutos del T4 (60 °Brix y 50 °C) respectivamente. Esto indica que cuanto mayor sea la temperatura y la consistencia de la solución osmótica, el tiempo de deshidratación será en menor tiempo (Arreola, & Rosas, 2007; Genina, & Altamirano, 2005).

Concentración	temperatura	Modelo Matematico	tiempo (min)	%H
60° Brix	50°C	%H=60,61-02092t+3x10 <sup>-4</sup> t <sup>2</sup>	349	24,1435
	40°C	%H=61,496-0,1907t+3x10 <sup>-4</sup> t <sup>2</sup>	318	31,1906
40° Brix	50°C	%H=67,23-0,1432t+2x10 <sup>-4</sup> t <sup>2</sup>	358	41,5972
	40°C	%H=69,238-0,1206t+1x10 <sup>-4</sup> t <sup>2</sup>	603	32,8771

Tabla 2. Tiempo de equilibrio de pérdida de humedad.

#### 3.2. Parámetros del modelo de Peleg.

En la Tabla 3, se presentan valores de  $K_1$  y  $K_2$  de los valores experimentales ajustados al Modelo Peleg.

Cuando se aplicó el Modelo de Peleg para T2 (40°Brix y 50°C) con valores de R2 superiores a 0,9731 y 0,9287, se obtuvieron resultados positivos, indicando que se utilizaron para corte de papa. Valores de R2 de 0,9714 a 30% sacarosa y 10% sal, 0,9934 a 20% sacarosa y 10% sal (Della, 2010). La deshidratación osmótica de rodajas de Manzana presentó un buen ajuste al aplicar el Modelo de Peleg con valor de R<sup>2</sup> = 0,99 (Contreras, C. 2007). El Modelo de Peleg es mejor en el modelamiento con resultados significativos de R<sup>2</sup> = 0,98, que es un buen modelo para todos los procesos en salida del agua (Moreira, & Xidieh, 2004). El componente de deshidratación osmótica de la lámina de Mamey el contenido de humedad y el peso en concentraciones osmóticas de 40 a 50 °Brix y una temperatura de 40 a 50 °C. El valor del coeficiente de diagnóstico (R<sup>2</sup>) oscila entre 0,987 y 0,999 con un valor de p menor a 0,0001 (Corzo, et al., 2008).

Concentración	temperatura	K <sub>1</sub> (%/min)	K <sub>2</sub> (1/%)	R <sup>2</sup>
60° Brix	50°C	-0,5062	-0,0104	0,9287
	40°C	-0,5183	-0,0032	0,8296
40° Brix	50°C	0,5145	-0,007	0,9731
	40°C	0,3891	-0,0023	0,8735

Tabla 3. Parámetros del Modelo de Peleg para la pérdida de humedad.

### 3.3. Velocidad inicial de transferencia de agua y humedad de equilibrio.

Con la aplicación del modelado de Peleg, se ajusta mejor el tiempo de equilibrio sobre la pérdida de humedad en 24,1435% a 60 °Brix y 50 °C de T4, respecto a la humedad de equilibrio.

La humedad de equilibrio con ajustes experimentales es de 70°C, lo que proporciona un conjunto de datos para la prueba de 70° Brix. La comparación lineal de datos suele dar resultados satisfactorios superiores a 0,9. Los modelos Rastogi y Raghavarao también se han utilizado ampliamente para determinar el equilibrio de humedad (Leites, C. 2013). En la deshidratación osmótica, determinado la humedad de equilibrio a una concentración de 50 °Brix y temperatura de 50 °C, una humedad de equilibrio de 1,106 (g/g db) en láminas de mamey. Mediante la concentración y la temperatura de la solución osmótica se puede anunciar el contenido de humedad y el peso en equilibrio, concluyentes a partir del Modelo de Peleg (Corzo, *et al.*, 2008).

Los modelos de Peleg y Page mostraron un mejor ajuste para pérdida de difusión de agua y ganancia de difusión de sólidos solubles con valores de R<sup>2</sup> superiores a 0,98 y 0,87 respectivamente. Se determinaron los valores de difusividad y energía de activación para pérdida de difusión de agua y ganancia de difusión de sólidos solubles (Guevara, *et al.*, 2018).

Concentracion	temperatura	1/K <sub>1</sub> (min/%)	H <sub>e</sub> (%)
60° Brix	50°C	1,784	22,76
	40°C	1,616	26,42
40° Brix	50°C	1,222	40,68
	40°C	0,744	41,88

Tabla 4. Velocidad inicial de transferencia de agua (1/K<sub>1</sub>) y humedad de equilibrio (H<sub>e</sub>).

## 4. Conclusiones

- ⊙ La determinación de tiempo de equilibrio y la humedad de equilibrio presentó significativamente con la aplicación del Modelo de Peleg siendo muy versátil en establecer la temperatura que influye en tiempo de equilibrio y humedad de equilibrio, en la deshidratación osmótica sobre las esferas de aguaymanto deshidratada osmóticamente a temperaturas de 40 °C y 50 °C y concentración de 40 °Brix y 50 °Brix.
- ⊙ La pérdida de agua de los tejidos vegetales del aguaymanto, hace la reducción de peso, debido a mayor temperatura, existe mayor ganancia de soluto, con la influencia de concentración de solución osmótica. Así mismo se recomienda comprobar otros modelos matemáticos en la deshidratación osmótica de frutas.

## 5. Bibliografía

- 📖 AOAC. (1990). Official Methods of Analysis. (15th ed.). Washington, D.C.: Association of Official Analytical Chemists.
- 📖 Arreola, S. & Rosas, M. (2007). Aplicación de Vacío en la Deshidratación Osmótica de Higos (*Ficus carica*). Revista Información Tecnológica. Vol. 18. Núm. 2. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, UNAM. Estado de México.
- 📖 Contreras, C. (2007). Influencia del Método de Secado en Parámetros de Calidad Relacionados con la Estructura y el Color de Manzana y Fresa Deshidratada. [Tesis Doctoral]. Universidad Politécnica de Valencia. Valencia – España.

- ◻ Corzo, O., & Bracho, N. (2006). Application of Peleg Model to Study mass Transfer During Osmotic Dehydration of Sardine Sheets. *Journal of Food Engineering*. Vol. 75. Núm. 4. Pág. 535-541.
- ◻ Corzo, O., Ramírez, O., Brach, N. (2008). Aplicación del Modelo de Peleg en el Estudio de la Transferencia de Masa Durante la Deshidratación Osmótica de Láminas de Mamey (*Mammea americana* L.) Saber. *Revista Multidisciplinaria del Consejo de Investigación de la Universidad de Oriente, Cumaná - Venezuela*. Vol. 20, núm. 1. Pág. 87-95.
- ◻ Della, P. (2010). Secado de Alimentos por Métodos Combinados: Deshidratación Osmótica y Secado por Microondas y Aire Caliente. [Tesis de Grado]. *Tecnología de los Alimentos*. Facultad Regional Buenos aires. Universidad Tecnológica Nacional. Buenos aires – Argentina.
- ◻ Encina, C., Ureña, M., & Repo, P. (2007). Determinación de Compuestos Bioactivos del Aguaymanto (*Physalis peruviana*, Linnaeus, 1753) y de su Conserva en Almíbar Maximizando la Retención de Ácido Ascórbico. *ECIPERU* 4. Vol. 1. Pág. 6-10.
- ◻ Genina, P. & Altamirano, S. (2005). Deshidratación Osmótica de Prismas de Camote, Manzana y Papa. *Revista Internacional*. Vol. 30. Núm, 8. Universidad Nacional Autónoma de México. México – México.
- ◻ Guevara, C., Arango, O. & Osorio, O. (2018). Kinetics of Ultrasonic Osmotic Dehydration of *Physalis*. *Universidad de Nariño sede Torobajo. Nariño – Colombia*. Pág. 11 – 17.
- ◻ Hui, L., Cuiping, Z., Yunhan, G., Kejing, A., Shenghua, D. & Zhengfu, W. (2012). Mass Transfer Evaluation of Ultrasonic Osmotic Dehydration of Cherry Tomatoes in Sucrose and Sal Solutions. *International Journal of Food Science and Technology* 47(5):954-960
- ◻ Leites, C. (2013). Avaliação da Influência da Temperatura e da Concentração da Solução de Sacarose na Desidratação Osmótica de *Physalis* (*Physalis peruviana* L.). *Escola de Engenharia – Universidade Federal Do Rio Grande do Sul. Porto Alegre – Brasil*.
- ◻ Moerira, P. & Xidieh, F. (2004). Mass Transfer Kinetics of Osmotic Dehydration of Cherry Tomato. *Department of Food Engineering, College of Food Engineering, State University of Campinas. Brasil*. Pág. 291 – 295.
- ◻ Nowacka, M., Tylewicz, U., Laghi, L., Dalla, M. & Witrowa, D. (2014). Effect of Ultrasound Treatment on the Water State in Kiwifruit During Osmotic Dehydration. *Food Chemistry*. Pág. 144:18-25.
- ◻ Osorio, C., Franco, M., Castaño, M., González, M., Heredia, F. & Morales, A. (2007). Colour and Flavour Changes During Osmotic Dehydration of Fruits. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*. Vol. 8, núm. 3. Pág. 353-359.
- ◻ Peleg, M. (1988). An Empirical Model for the Description of Moisture Sorption Curves. *Journal of Food Science* 53. Pág. 1216-1219.

- Peña, R., Cortés, M. & Gil, J. (2013). Estabilidad Fisicoquímica y Funcional de Uchuva (*Physalis peruviana* L.) Impregnada a Vacío con Calcio y Vitaminas B9, D y E, Durante el Almacenamiento Refrigerado. *Revista Facultad Nacional de Agronomía - Medellín*, Universidad Nacional de Colombia Medellín, Colombia. Vol. 66, núm. 1. Pág. 6929-6938.
- Ramadan, M. (2011). Bioactive Phytochemicals, Nutritional Value, and Functional Properties of Cape Gooseberry (*Physalis peruviana*): An Overview, *Food Research International*. Vol 44. Núm. 4. Pág. 183-1836
- Tonon, R., BARONI, A. & HUBINGER, M., (2007). Osmotic Dehydration of Tomato in Ternary Solutions: Influence of Process Variables on Mass Transfer Kinetics and an Evaluation of the Retention of Carotenoids. *Journal of Food Engineering*, Vol. 82, núm 4. Pág. 509-517.
- Urfalino, D.P. (2014). Ajuste de Tiempos de Inmersión en Técnicas Combinadas de Deshidratado de Duraznos RIA. *Revista de Investigaciones Agropecuarias*, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria Buenos Aires, Argentina. Vol. 40, núm. 1. Pág. 67-74

# ARTÍCULO 4

Recibido: 18/4/2022

Aprobado: 9/6/2022

# Caracterización hidrogeológica, estimación y clasificación hidroquímica de las masas de agua subterránea de la ciudad de Yacuiba.

*Hydrogeological characterization, estimation and hydrochemical classification of groundwater masses in the city of Yacuiba.*

Gina Analía Palacios Méndez <sup>1</sup>, Julio César Mamani Alemán <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Estudiante de la carrera de Ingeniería de Recursos Hídricos, Universidad Autónoma Juan Misael Saracho.

<sup>2</sup> Ingeniero de Recursos Hídricos, Universidad Autónoma Juan Misael Saracho. Master in hydrology and management of water resources - University of Alcalá and King Juan Carlos University

**Correspondencia del autor(es):** [carigina96@gmail.com](mailto:carigina96@gmail.com)<sup>1</sup>, [julio.mamani@edu.uah.es](mailto:julio.mamani@edu.uah.es)<sup>2</sup>

## Resumen

Este documento contiene un análisis descriptivo sobre la calidad de las masas de aguas subterráneas de la ciudad de Yacuiba, para este análisis se utilizaron datos de los 21 pozos utilizados para la explotación de agua subterránea en esta zona, los cuales tienen un registro histórico de tres periodos de inscripción, siendo estos dos periodos en la gestión 2020 y un periodo comprendido en el mes de febrero del año 2021.

Por otro lado, este estudio describe el predominio de masas de agua “magnesio-cálcicas” con una característica dura, pero aceptable dentro de los parámetros establecidos en la norma boliviana 512, tomando en cuenta que estas aguas son usadas para la dotación de agua potable de la ciudad de Yacuiba. También fue posible identificar 10 tipos de acuíferos, estos identificados con base en del “pH” de cada una de las muestras, que además describen, mediante el software Aquachem 4.0, los beneficios de cada una de las masas de agua subterránea identificadas.

Asimismo, se hace una descripción de los procesos geomorfológicos, características hidrológicas que describen la naturaleza del área,

sin olvidar las características geológicas y litológicas que nos dan una idea clara sobre la formación de los acuíferos en la zona.

**Palabras clave:** Aguas subterráneas, caracterización, clasificación hidroquímica, masas de agua, hidrogeología y acuífero.

## Abstract

This document contains a descriptive analysis of the quality of the groundwater bodies of the city of Yacuiba. For this analysis, data from the 21 wells used for the exploitation of groundwater in this area were used, which have a historical record of three registration periods, these two periods being in the 2020 management and a period comprised in the month of February of the year 2021.

On the other hand, this study describes the predominance of “magnesium-calcium” water masses with a hard characteristic, but acceptable within the parameters established in the Bolivian standard 512, taking into account that these waters are used for the provision of drinking water. from the city of

Yacuiba. It was also possible to identify 10 types of aquifers, these identified based on the “pH” of each of the samples, which also describe, through the Aquachem 4.0 software, the benefits of each of the identified groundwater bodies.

Likewise, a description is made of the geomorphological processes, hydrological characteristics that describe the nature of the area, without forgetting the geological and lithological characteristics that give us a clear idea about the formation of aquifers in the area.

**Key words** Groundwater, characterization, hydrochemical classification, water masses, hydrogeology and aquifer.

## 1. Introducción

El agua cubre más del 70 % de la superficie del planeta; se la encuentra en océanos, lagos, ríos; en el aire, en el suelo. Es la fuente y el sustento de la vida, contribuye a regular el clima del mundo y con su fuerza formidable modela la tierra. Posee propiedades únicas que la hacen esencial para la vida. Es un material flexible: un solvente extraordinario, un reactivo ideal en muchos procesos metabólicos; tiene una gran capacidad calorífica y tiene la propiedad de expandirse cuando se congela.

Los océanos dan cuenta de casi el 97,5 % del agua del planeta. Únicamente un 2,5% es agua dulce. Los glaciares, la nieve y el hielo de los cascos polares representan casi el 80% del agua dulce, el agua subterránea 19% y el agua de superficie accesible rápidamente sólo el 1%. Esta baja cantidad de agua de superficie fácilmente accesible, se encuentra principalmente en lagos (52%) y humedales (38%). (Auge, 2007; Viva, 2012).

El agua subterránea es una parte esencial del ciclo hidrológico, aunque en general ha sido poco considerada hasta épocas relativamente recientes.

Su existencia tiene notables implicaciones geológicas, geotécnicas, edafológicas, ecológicas y de servicios ecológicos y también es una fuente de provisión de agua a las necesidades humanas. (Custodio G. Emilio y Llamas M. Ramón, 2015).

Ahora si bien se conocen distintos puntos de vista desde la importancia del agua como sustento de vida, como también la importancia de las aguas

subterráneas, esto implica conocer a detalle las características que influye su estudio, explotación y aceptación en una nueva era de búsqueda de alternativas de fuentes de agua para el sustento de vida.

Las zonas más áridas del mundo se ven limitadas a buscar todas las alternativas posibles para poder subsistir en estos ecosistemas, pues la gran mayoría de ellas apuntan a la explotación de las aguas subterráneas.

Así también en el Chaco tripartito entre Argentina, Bolivia y Paraguay, actualmente y con el pasar de los siglos fueron y son grandes maestros en el arte de la explotación de las aguas de origen subterráneo.

Actualmente ciudades importantes como Villa Montes y Yacuiba, pertenecientes a poblados importantes de las tierras del chaco boliviano, subsisten gracias a la explotación de las aguas subterráneas.

Estos recursos se proyectan a ser de gran importancia para una explotación medida y de gran importancia para la expansión de la frontera agrícola, como también para el mejoramiento de los medios de vida y economía de la región.

Es por tanto que, dentro de la conceptualización general, se tienen que suponer la importancia de estudiar y profundizar los conocimientos empíricos de los medios acuíferos de la región chaqueña, por tanto, el presente estudio se basa a proponer una nueva visión de gestión de los recursos hídricos, siendo esta vez el enfoque en las aguas subterráneas.

Los parámetros más importantes usados dentro de la investigación refieren a los parámetros mínimos y básicos establecidos en la norma boliviana 512 de calidad de aguas.

Entender la importancia de las aguas subterráneas en el Chaco Boliviano y en especial en la ciudad de Yacuiba, conlleva una serie de análisis, los cuales se basan en que el 85% de estas aguas subterráneas son el sustento hídrico para una población que ronda los 98.000 habitantes, teniendo un aprovechamiento superficial mínimo que se aproxima al 15% del agua potable producida por EMAPYC.

## 2. Materiales y Métodos

### 2.1. Descripción del ámbito espacial de la zona de estudio

El ámbito espacial de estudio para nuestra investigación es la ciudad de Yacuiba, establecida en el municipio del mismo nombre, perteneciente a la primera sección de la provincia Gran Chaco del departamento de Tarija del Estado Plurinacional de Bolivia.

### 2.2. Fuente de datos

La fuente de datos primarios se engloba en documentación hidrogeológica, geológica y de calidad de agua de los pozos establecidos en el municipio de Yacuiba, esta proporcionada por EMAPYC, quien es la entidad gestora de este servicio, además de ello se rescatarán artículos y referencias bibliográficas referentes a la zona de estudio estos generados por YPFB. Para mejor entendimiento también referimos las referencias bibliográficas transversales en el marco referencial descrito con anterioridad.

La fuente de datos secundarios son aportes periodísticos y aportes teóricos desarrollados por distintos autores, que puede ser de orden general, pero no así propio de la zona. También se considera como base o fuente de datos secundarios a los aportes teóricos de la OTN, oficina nacional de los ríos Bermejo y Pilcomayo, ya que este municipio también forma parte de los afluentes principales de la cuenca del río Pilcomayo, enfocando su interés en las aguas de origen superficial y subterráneo de la zona en cuestión.

### 2.3. Objetivo de la investigación

Para la presente investigación, se tomaron como datos fundamentales, el registro de 21 pozos utilizados como fuentes de agua abastecimiento para suministro de agua potable de la ciudad de Yacuiba, estos administrados por la “Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Yacuiba” – EMAPYC, la utilización de estos datos tiene como finalidad “Estimar, caracterizar la hidrogeología, clasificación hidroquímica de las masas de aguas subterráneas

pertenecientes a la ciudad de Yacuiba”. para identificar su procedencia u origen.

Para ello en la investigación se propuso el análisis de varios escenarios, entre los que podemos describir los siguientes.

- ⊙ Caracterización de la microcuenca de estudio.
- ⊙ Rasgos morfométricos de la ciudad de Yacuiba.
- ⊙ Hidrología.
- ⊙ Estratigrafía.
- ⊙ Geología estructural

### 2.4. Caracterización de la microcuenca de estudio.

La importancia de un análisis morfológico de cuencas está en el hecho de que deben identificar los índices y magnitudes físicas de la cuenca, que se expresan en términos simples de valores medios de ciertas características del terreno, los cuales juegan un papel importante como condicionantes de su régimen hidrológico.

El análisis de estas características morfométricas mediante parámetros de forma, relieve y red de drenaje son básicos para realizar modelaciones hidrogeológicas que aporten en la determinación del movimiento y captación del agua de lluvia y el drenaje en general. J. Gaspari (2009).

#### 2.4.1. Delimitación de la cuenca de interés.

Es importante señalar que para poder determinar los parámetros de la microcuenca, el primer paso es la obtención del límite de la cuenca o microcuencas de estudio, por tanto cabe señalar que se empleó el modelo de elevación digital de terreno, que tiene valores de altitud y la extensión ARCVIEW y ARCSWAT, la definición de esta cuenca es básica para entender el sentido de fluidez de las aguas superficiales y considerar un flujo hidrodinámico subterráneo, además se consideran los aspectos biofísicos que interactúan en ella, dándole características diferenciadas de otras superficies.

Se pudieron identificar dos cuencas principales de aporte, las cuales son: La cuenca Yuquirenda con 219.59 km<sup>2</sup> y la cuenca Limítrofe Internacional con 66,74 km<sup>2</sup>.

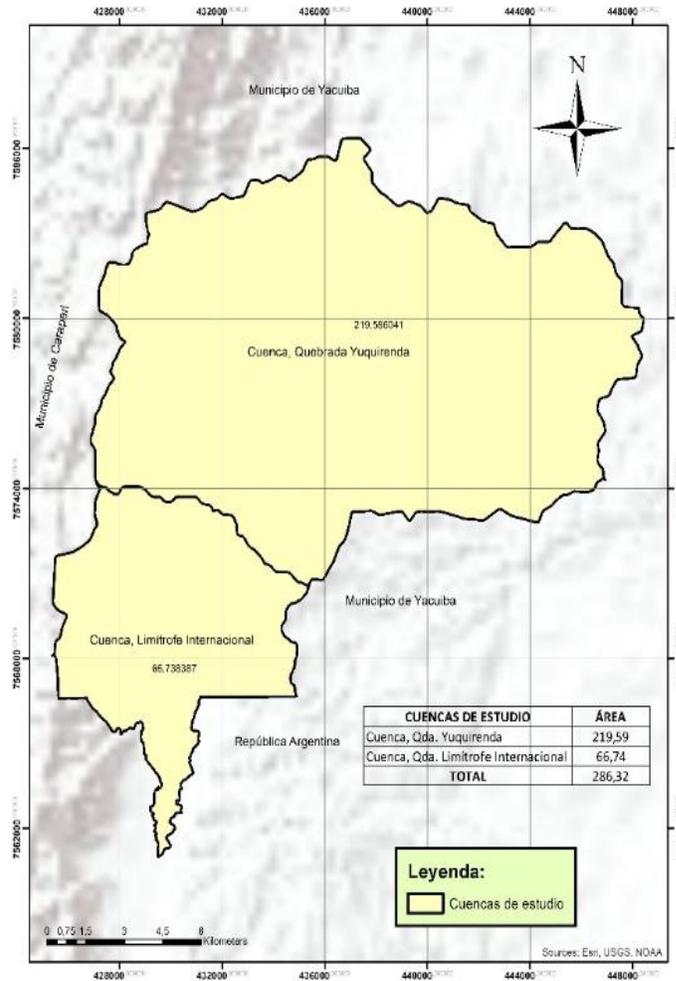


Figura N° 1. Cuencas de interés

## 2.5. Rasgos morfométricos de la ciudad de Yacuiba.

### 2.5.1. Caracterización territorial

Descripción	Porcentaje	Área (km <sup>2</sup> )
Cuenca baja	81,56%	229,19
Cuenca media	15,36%	43,15
Cuenca alta	3,33%	9,35
Totales	100%	281,69

Tabla N° 1. Caracterización territorial – distribución de la cuenca.

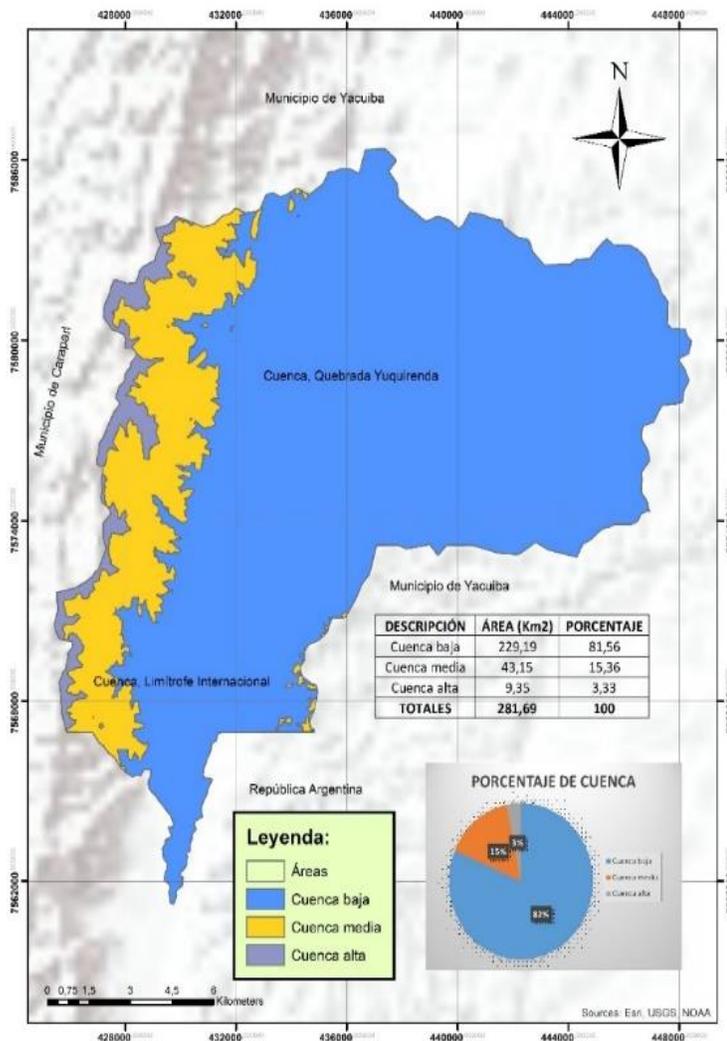


Figura N° 2. Caracterización territorial

### 2.5.2. Ubicación de la cuenca

COORDENADAS UTM		
Punto más bajo	429018,17 m E	7583689,94 m S
Punto más alto	448270,78 m E	7580058,31 m S
COORDENADAS GEOGRÁFICAS		
Punto más bajo	21°50'25,98"	63°41'12,81"
Punto más alto	21°52'26,69"	63°30'02,54"

Tabla N° 2. Ubicación de la cuenca de interés

### 2.5.3. Análisis multitemporal de la cuenca de interés

En el presente estudio se realizó un análisis multitemporal con empleo de imágenes satelitales LANDSAT, donde se emplearon cuatro imágenes satelitales de diferentes fechas, las cuales se detallan a continuación:

Nombre	Mes de descarga	Bandas descar- gadas	Resolución	Fuente
Landsat 5 TM-1989	Noviembre	7	30 metros	Satélite Landsat
Landsat 5 TM-1999	Octubre	7		
Landsat 5 TM-2008	Diciembre	7		
Landsat 5 TM-2018	Octubre	11		

Tabla N° 3. Lista de imágenes descargadas desde LandSat

Este análisis nos permitió determinar la magnitud del crecimiento poblacional en especial en la subcuenca de límite internacional, como también un incremento moderado en la cuenca de la quebrada Yuquirenda, esta relacionadas con los índices de vulnerabilidad a los acuíferos, en especial a las zonas con alta presencia de actividades antrópicas.

#### 2.5.4. Geomorfología

La geomorfología de la cuenca maestra está compuesta por tres sistemas interesantes, donde se puede observar un encajonamiento en el lado derecho e izquierdo, tomando en cuenta que el área de intervención pertenece a una zona fronteriza, en la cual se denotan grandes variaciones en la serranía el Aguaraquíe, donde se contemplan algunos conos de deyección, estos naturales por el deslizamiento continuo de algunos mantos rocosos en las épocas de precipitación, como también se puede observar la presencia de muy pocas colinas, estas a pie de la Serranía del Aguaraquíe.

Por otra parte, se nota claramente una serie de colinas menores en el lado derecho, siendo esta una serranía perteneciente al territorio argentino, la cual es menor y por su consistencia, la cual pertenece a la era terciaria, con un bosque menos denso y continuo, genera un sistema anticlinal notorio al igual que en el lado izquierdo, donde efectivamente se denota un sistema anticlinal más pronunciado, por otra parte se pueden describir que debido a la existencia de un encajonamiento natural, nuestra área de estudio pertenece a un sistema aluvial compuesto básicamente de areniscas finas e intermedias, las cuales al mezclarse

con algunos suelos someros hacen de este espacio un verdadero edén en épocas de primavera, que se ve demarcado por la presencia de fuertes vientos en épocas de precipitación y concentrando una variabilidad de temperaturas que van desde crudos inviernos a fuertes olas de calor en épocas de verano.

La presencia de los ríos es totalmente escasa, ya que por las condiciones expuestas con anterioridad la presencia de estos cuerpos es totalmente variable, denotando claramente su existencia en temporadas de precipitación, estas por el propio drenaje de las aguas, que por su inclinación natural drenan al lado derecho de nuestra cuenca, escurriendo las aguas de forma directa al territorio argentino.

En el lado noreste de la cuenca se denota claramente el afloramiento de algunos sistemas aluviales con predominancia de pampas arenosas con poca inclinación, estas de igual manera drenan sus aguas al territorio argentino, donde claramente se puede evidenciar la presencia de microclimas, los cuales hacen naturalmente su denotación en épocas de precipitación.

Por otra parte, se debe entender que nuestra área es un sistema compuesto por diversos componentes, desde sistemas vegetativos variados, hasta la formación de sistemas aluviales en su gran mayoría, en la cual se asienta la ciudad de Yacuiba.

Este análisis nos permite asumir que ambas cuencas tienen una dependencia hídrica desde la serranía del Aguaraquíe, siendo esta la zona de recarga hídrica por la descripción de sus altitudes y condiciones naturales. Ver figura 3.

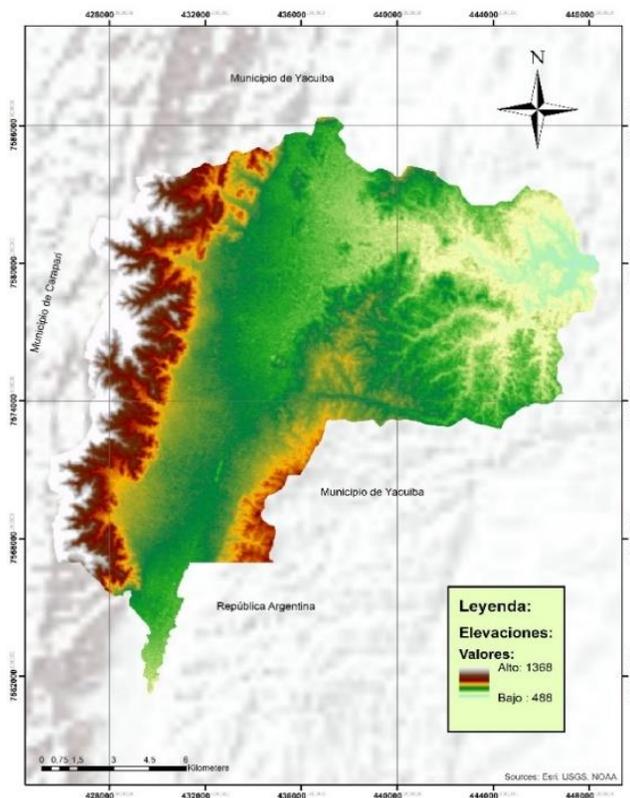


Figura N° 3. Mapa de elevaciones de la cuenca de interés

## 2.6. Hidrología

### 2.6.1. Estaciones meteorológicas

Los datos meteorológicos corresponden a la estación ubicada en el Aeropuerto de la ciudad de Yacuiba que maneja el SENAMHI, además de ser la estación meteorológica que cuenta con datos relativamente completos y son fiables para determinar la hidrología de la zona, no siendo necesaria la interpolación de otras estaciones.

Es necesario considerar la incidencia de los datos meteorológicos en los análisis realizados, esto debido a la gran deficiencia en cuanto al registro de datos hidrometeorológicos en nuestro país, pero también se debe considerar estos datos como prioritarios para contar con una análisis más certero y aproximado a la realidad.

<b>PALMAR CHICO</b>	Precipitaciones máximas en 24 hrs, temperatura máxima media, temperatura mínima media y temperatura media.
<b>YACUIBA AEROPUERTO</b>	Precipitaciones máximas en 24 hrs, temperatura máxima media, temperatura mínima media, temperatura media y humedad relativa.

Tabla N° 4. Estaciones meteorológicas utilizadas en las estimaciones.

### 2.6.2. Balance hídrico

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Annual
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
E T P (mm)	138.46	114.30	105.38	73.09	50.93	34.66	34.78	50.19	71.50	107.07	120.22	135.55	1036.13
P (mm)	206.76	184.35	204.11	79.18	23.47	7.09	3.02	3.01	9.97	42.61	107.09	181.56	1040.41
E X C . DEFIC	68.29	70.05	98.73	6.09	-27.45	-27.56	-31.75	-47.18	-61.53	-64.46	-13.13	46.01	4.27

Tabla N° 5. Estimación del balance hídrico.

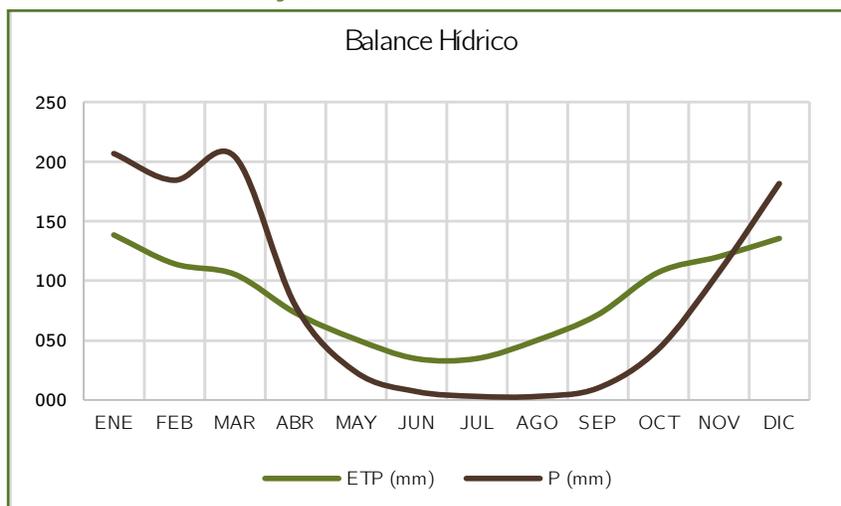


Figura N° 4. Balance hídrico de la zona de interés.

Este análisis nos permite describir el comportamiento de la precipitación en relación al déficit del recurso hídricos debido a la evapotranspiración, donde el análisis nos indica una época con estrés hídricos comprendido entre los mediados de abril hasta inicios del mes de noviembre, atenuándose en el mes de agosto a octubre.

### 2.7. Estratigrafía

Tal como lo describen los registros geológicos de YPFB, en la zona, afloran principalmente sedimentos no consolidados Cuaternarios de origen fluvial, con un espesor de 1500 a 2000 m, compuestos básicamente por unas alternancias entre arenas, arcillas, limos y gravas con variaciones locales en cuanto a composición y estructura.

Aunque el contacto del Cuaternario con los sedimentos Terciarios es ciertamente difícil de diferenciar, estos últimos presentan una relativa mayor compactación y en algunos casos están cementados por material calcáreo. Por ejemplo, la Formación Petaca del Paleógeno que pertenece al Grupo Chaco está compuesta principalmente

por una arenisca calcárea y conglomerado. En cambio, las rocas más jóvenes están conformadas por areniscas, lutitas, conglomerados y margas y corresponden a las Formaciones Yecua, Tariquia y Guandacay.

Ambos depósitos Cuaternarios y Terciarios son factibles para el aprovechamiento de aguas subterráneas, por lo que la mayoría de los pozos acuíferos de la zona aprovechan estas Formaciones.

Las rocas del cretácico afloran en la zona occidental en el extremo sur del área, las formaciones cajones, yantala e ichoa, las mismas que forman un conjunto de anticlinales y sinclinales angostos, cuya composición litológica predominante está compuesta por areniscas y areniscas calcáreas intercaladas con lutitas hacia el top.

Sistema	Formación	Espesor (m)	Descripción litológica
Cuaternario: Pleistoceno	Aluvial	10 -70	Suelos aluviales, intercalaciones de capas arenosas de granulometría fina a gruesa con arcillas rojizas, el espesor de las capas varia de 1 a 30 metros.
Neógeno: Plioceno Mioceno  Paleógeno: Oligoceno	Chaco Superior	1000	Alternancia de capas de arena y gravas, mala selección, unidas con cemento calcáreo débilmente endurecidas, con arcillas y limolitas, gris clara el espesor de las capas arenosas y de arcilla varia de 1 a 30 metros.
	Chaco inferior	670	Alternancia de capas de arena de grano fino a medio unidos con cemento calcáreo endurecido, con capas de arcillas rojizas oscuras y limolitas grises claras, el espesor de las capas de arcillas es de 1 a 20 metros.
	Yacua	300	Predominancia de arcillas rojizas oscuras, verdosas; con espesor de 1 a 5 metros. Intercaladas con delgadas capas de areniscas, calizas y yeso.
	Petaca	200	La base de esta unidad está formada por conglomerado polimíctico brechoso, de color blanquecino y rojizo. Por encima de este conglomerado se tiene alternancia de lutitas y areniscas.
Cretácico	Cajones	50 - 300	Formada por capas de areniscas calcáreas, calizas arenosas, intercaladas con delgadas lentes de lutitas.
	Yantala	110 - 240	Predominancia de granos gruesos a medio subredondeados y de buena selección, friables, porosos y permeables; con escaso matrix limoso, color amarillento.
	Ichoa	150 - 480	Formada por areniscas rojizas, blanquecinas amarillentas y verduscas. Son de grano medio a fino, redondeados, bien seleccionados, de estructura entrecruzada.

Tabla N° 6. Estratigrafía de la zona de interés.

## 2.8. Geología estructural

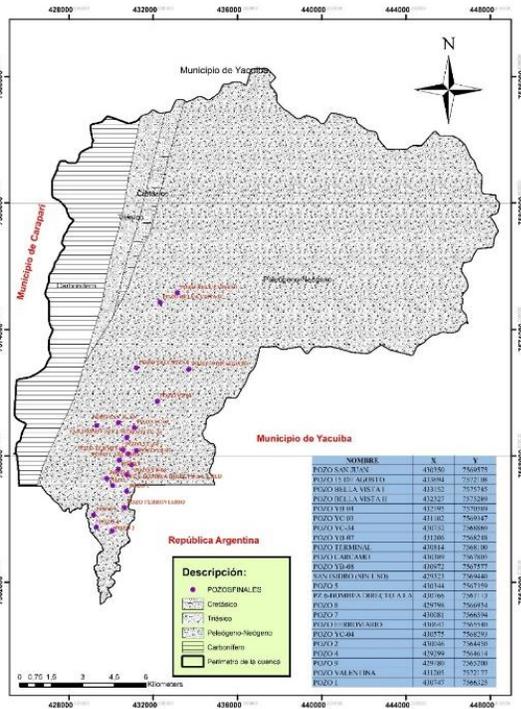


Figura N° 5. Estimación geológica de la zona de interés.

La evolución tectónica del sur de Bolivia, zona Yacuiba, se caracteriza desde el Paleozoico Superior hasta la base del Mesozoico, por una subsidencia casi continua, interrumpida por movimientos epirogénicos que generaron discontinuidades relacionadas con las fases tectónicas terciarias especialmente del Mioceno y Plioceno.

Estas orogenias ocasionaron entre otros el Calbagamiento Frontal Principal dando por resultado, de esta evolución tectónica la distribución de fajas delgadas y plegadas como las sierras de Caipipendi, Charagua y Aguaraque.

Desde la zona del río Chorritos a unos 170 km al Sur de Río Grande, se presentan una serie de anticlinales y sinclinales constituidos por rocas de diferentes sistemas con un rumbo Norte – Sur, ligeramente elongado al Este. Las deformaciones que se registran en las rocas, se deben a diferentes periodos de esfuerzos tectónicos principalmente de dirección E – O que modelaron la zona.

De acuerdo a estudios realizados por YPFB a la altura de la localidad de Florida, muestra una serie de estructuras geológicas tanto en superficie como en el subsuelo, que manifiesta el grado de deformación que tuvieron las rocas durante

los procesos geológicos de formación de la cadena montañosa del Subandino.

Para este estudio sólo se consideran aquellas que revisten importancia para la exploración y captación de acuíferos, entre éstas se encuentran sedimentos Cuaternarios, las formaciones del Grupo Chaco del sistema Terciario y las formaciones Cajones, Yantata e Ichoa del sistema Cretácico. Las rocas del Cretácico afloran en toda la zona occidental, las mismas que forman un conjunto de anticlinales y sinclinales angostos.

La ciudad de Yacuiba se asienta en una zona comprendida por un lecho terrestre perteneciente al sistema del Paleógeno- Neógeno, donde claramente se pueden denotar presencia de áreas y limos finos, los cuales comprenden un pliegue extenso, con características de ser suelos pertenecientes a terrazas aluviales, estas producidas naturalmente por el encajonamiento de las serranías de Aguaraque y la formación sinclinal de la parte argentina.

La ciudad de Yacuiba describe una característica muy interesante, la cual de ahora en adelante y en función a las condiciones geológicas se denominará “zona detrítica”, compuesta por clases de rocas sedimentarias compuestas de fragmentos, o clastos, de roca y minerales pre-existentes acumulados mecánicamente, que se han consolidado en mayor o menor grado, una serie de elementos rocosos arrastrados y/o meteorizados, haciendo de esta zona relativamente apta para la generación de acuíferos de tipología libre y semiconfinados, siendo común la presencia de acuicludos y acuitardos.

## 3. Resultados y Discusión

En la ciudad de Yacuiba, la Empresa Municipal de Agua y Alcantarillado EMAPYC, quienes bajo su administración cuentan con pozos de extracción de agua para consumo humano, siendo muy poco porcentaje el cual se aprovecha de fuentes superficiales y siendo una predominancia la explotación de agua subterránea desde diferentes puntos de la mancha urbana de la ciudad de Yacuiba.

Estas fuentes subterráneas se caracterizan por ser agua con alta dureza, estando en los límites permisibles dentro de los parámetros estipulados en la Norma Boliviana NB-512. La empresa EMAPYC, aplica metodologías de tratamiento y reducción de estos parámetros mencionados, potabilizando y distribuyendo el agua mediante un sistema matricial de tuberías a toda la mancha urbana de esta mencionada ciudad.

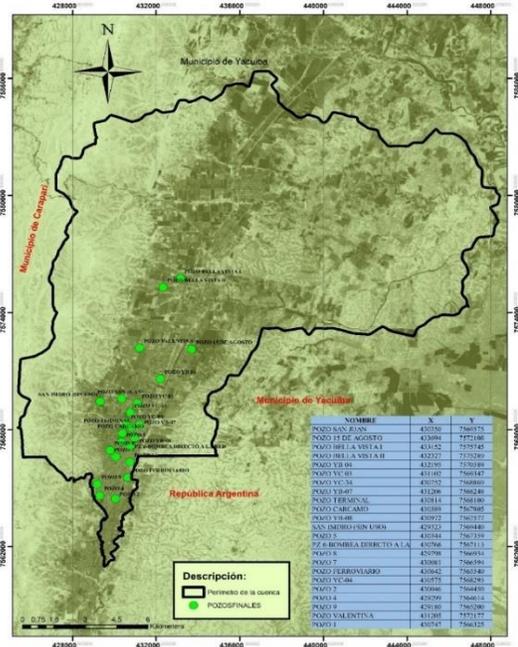


Figura N° 6. Ubicación de los pozos bajo administración de EMAPYC

### 3.1. Herramientas para la interpretación de la calidad del agua.

Se utilizó la versión 4.0 del software AquaChem, el cual fue calibrado en función a nuestras exigencias, tomando en cuenta la configuración correcta de las unidades establecidas en la Norma Boliviana 512, NB-512, de control de calidad del agua potable, entre ellos los parámetros de dureza y alcalinidad para identificar la procedencia de las aguas, siendo estos Ca, Mg, K, Na, como también otros compuestos químicos como SO<sub>4</sub> y Cloruros.

### 3.2. Modelación según Schoeller

Si bien la escala logarítmica no es apropiada para observar pequeñas diferencias en la concentración de cada ion entre distintas muestras de agua, sí es útil para representar en un mismo diagrama aguas de baja y de alta salinidad, y observar la relación entre iones asociada con la inclinación de las líneas. A continuación, se describen los diagramas modelados para los tres periodos identificados, en función a los datos del numeral anterior.

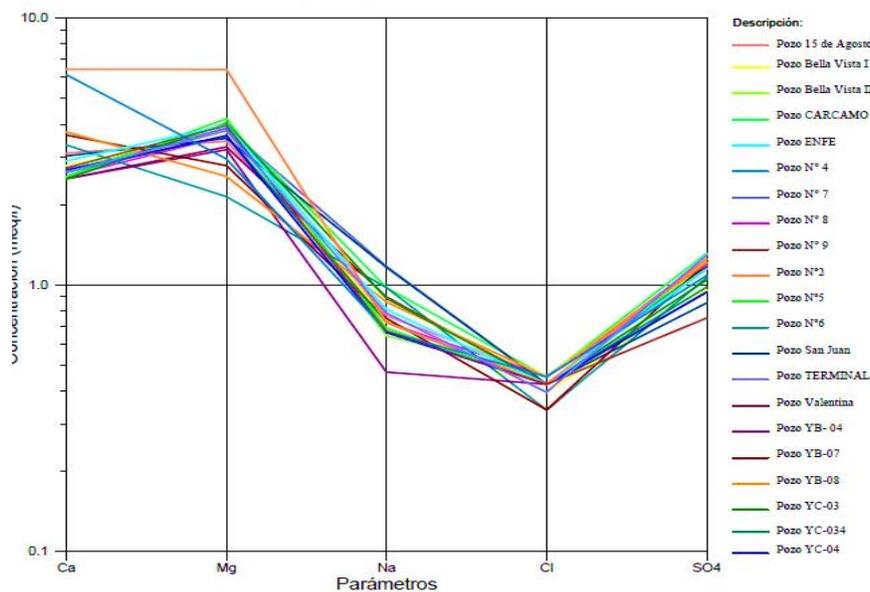


Figura N° 7. Modelación según Schoeller, periodo 1/2020

En este periodo se puede observar un comportamiento hidroquímico semi uniforme, teniendo variaciones Pozo N° 2, el cual registra una variación en la concentración de magnesio y calcio, como también se puede evidenciar un comportamiento similar en la concentración de calcio del Pozo N° 4.

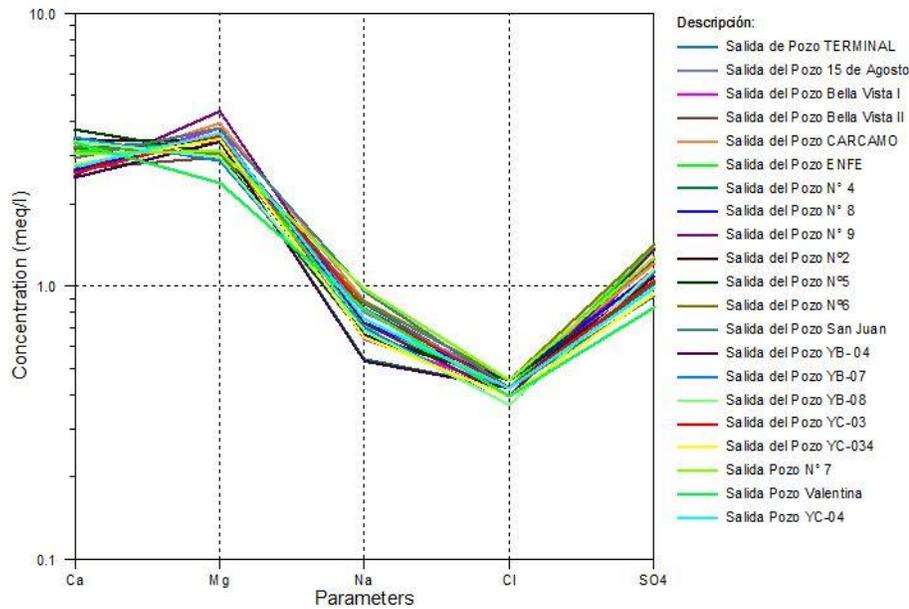


Figura N° 8. Modelación según Schoeller, periodo 2/2020

En el caso de la modelación del segundo periodo, se puede observar un comportamiento uniforme de todas las concentraciones, esta variación o regulación del Mg y Ca mencionados pozos, se asume es por movimiento hidrodinámico ocurrido durante el periodo, Así también se debe entender que las variaciones no son significativas, estando la concentración acorde a los establecido en las NB-512.

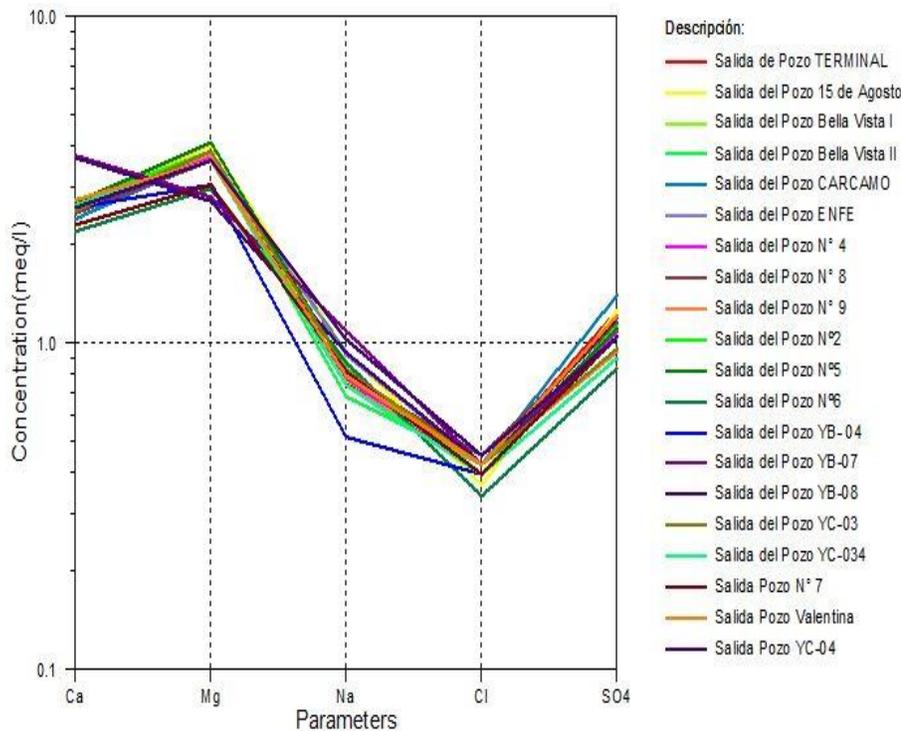


Figura N° 9. Modelación según Schoeller, periodo 1/2021

Es este último periodo se puede observar de igual manera una variación no significativa, notándose gráficamente una variación por la base logarítmica aplicada por el software, pero que no significa problema alguno en la práctica, siendo un agua de calidad aceptable según la legislación boliviana.

### 3.3. Tipologías de masas de aguas encontradas.

Tras la calibración del software Aquachem 4.0, se pudo identificar una tipología aproximada de las aguas subterráneas encontradas. La identificación es desarrollada gracias a la presencia de cationes y aniones identificados en las muestras.

Tal como se menciona en el factor geológico, la alcalinidad y dureza son típicas de estas aguas de origen kárstico, debido a las condiciones de interacción por las capas geológicas cálcico-carbonatadas de la serranía Aguarague, de donde se asumen por condiciones de pendiente y rasgos morfométricos drenan las aguas subterráneas.

También se debe mencionar que, según interpretación de estos rasgos geológicos y geomorfológicos, se entiende que este espacio está asentado sobre un lecho con alta conductividad hidráulica, formado por un valle no muy pronunciado entre la serranía terciaria de la vecina República Argentina y la Serranía del Aguarague en nuestro país.

Tras lo mencionado se debe describir el siguiente detalle que describe la tipología de aguas identificadas.

ESTACIÓN	PERIODO 1-20	PERIODO 2-20	PERIODO 1-21
Pozo N° 4	Ca-Mg	Mg-Ca-SO4	Mg-Ca-SO4
Pozo N° 2	Ca-Mg	Ca-Mg-SO4	Mg-Ca-SO4
Pozo ENFE	Mg-Ca-SO4	Mg-Ca-SO4	Mg-Ca-Na-SO4
Pozo N° 9	Mg-Ca	Mg-Ca-SO4	Mg-Ca-SO4
Pozo N° 7	Mg-Ca-Na-SO4	Mg-Ca-Na-SO4	Mg-Ca-Na-SO4
Pozo N° 8	Mg-Ca-SO4	Mg-Ca-SO4	Mg-Ca-SO4
Pozo CARCAMO	Mg-Ca-Na-SO4	Mg-Ca-SO4	Mg-Ca-Na-SO4
Pozo TERMINAL	Mg-Ca-SO4	Mg-Ca-SO4	Mg-Ca-SO4
Pozo N° 5	Mg-Ca-SO4	Ca-Mg-SO4	Mg-Ca-SO4
Pozo YB-08	Ca-Mg-SO4	Ca-Mg-SO4	Mg-Ca-Na-SO4
Pozo YB-07	Ca-Mg-SO4	Ca-Mg-SO4	Mg-Ca-Na-SO4
Pozo YC-04	Mg-Ca-SO4	Mg-Ca-SO4	Mg-Ca-Na-SO4
Pozo YB-04	Mg-Ca-SO4	Mg-Ca-SO4	Mg-Ca-SO4
Pozo YC-03	Mg-Ca-SO4	Mg-Ca-SO4	Mg-Ca-SO4
Pozo YC-034	Mg-Ca-SO4	Mg-Ca-SO4	Mg-Ca-SO4
Pozo Bella Vista II	Mg-Ca-SO4	Mg-Ca-SO4	Mg-Ca-SO4
Pozo Bella Vista I	Mg-Ca-SO4	Mg-Ca-SO4	Mg-Ca-SO4
Pozo Valentina	Mg-Ca-Na-SO4	Ca-Mg-Na-SO4	Mg-Ca-SO4
Pozo N° 6	Ca-Mg-Na-SO4	Ca-Mg-SO4	Mg-Ca-Na-SO4
Pozo 15 de agosto	Mg-Ca-SO4	Mg-Ca-SO4	Mg-Ca-Na-SO4
Pozo San Juan	Mg-Ca-Na	Mg-Ca-Na-SO4	Mg-Ca-Na-SO4

Tabla N° 7. Masas de aguas identificadas

### 3.4. Acuíferos identificados en función del pH

Debido a las variaciones en cuanto a las concentraciones de los distintos elementos en disolución de las aguas subterráneas, pretendemos entender los diferentes mantos acuíferos desde el punto de análisis de “pH”, ya que este tiene una relación directa con cada uno de los cationes y aniones que se representa en la muestra, por tanto, a continuación, se describe el análisis realizado en función al pH medio de los tres periodos analizados. El pH juega un papel importante en muchos procesos biogeoquímicos de las aguas subterráneas naturales (equilibrio carbonatico, procesos redox, etc..). Además de ello se descarga para este análisis los componentes minoritarios, los cuales representan menos del 1% del contenido iónico total, por tanto, descartamos la utilización de los siguientes elementos, Fe+2, F-, K+, Sr+2, etc.

Por otra parte, en el presente análisis y en función a la complejidad de este tipo de investigaciones, descartamos la utilización de elementos traza, los cuales se encuentran en concentraciones menores a 0,0001 mg/l, cabe señalar que los dos únicos elementos traza encontrados en los análisis fueron Cromo Hexavalente y Cobre.

En cuanto a la concentración de gases, estos no fueron considerados en esta investigación, ya que los mismos no fueron registrados ni calculados en los análisis realizados por la empresa municipal de agua potable de la ciudad de Yacuiba.

La presencia de las especies mayoritarias o fundamentales como los aniones; cloruro, sulfato, bicarbonato, entre otros y los cationes como el Sodio, Calcio, Magnesio, Carbonato, Potasio sirvieron para el análisis de individual de las fuentes de agua, las mismas fueron analizadas desde el punto de vista de la metodología STIFF y Diagrama RADIAL.

## 4. Conclusiones y recomendaciones

Podemos concluir los siguientes criterios.

### 4.1. Conclusiones:

- ⊙ Con el presente trabajo se pudieron alcanzar los objetivos planteados, pudiendo identificar y describir las masas de agua de la zona de estudio.
- ⊙ Si bien la calidad del agua de esta zona presenta características de dureza y alcalinidad, estas son aceptables, estando en rangos permisibles dentro de la NB-512, como también se
- ⊙ Si bien se cuenta con información básica de análisis de parámetros mínimos y básicos, se imposibilitó conseguir más información como los niveles piezométricos de cada uno de los pozos, imposibilitando la determinación de las líneas de flujo de las aguas subterráneas.

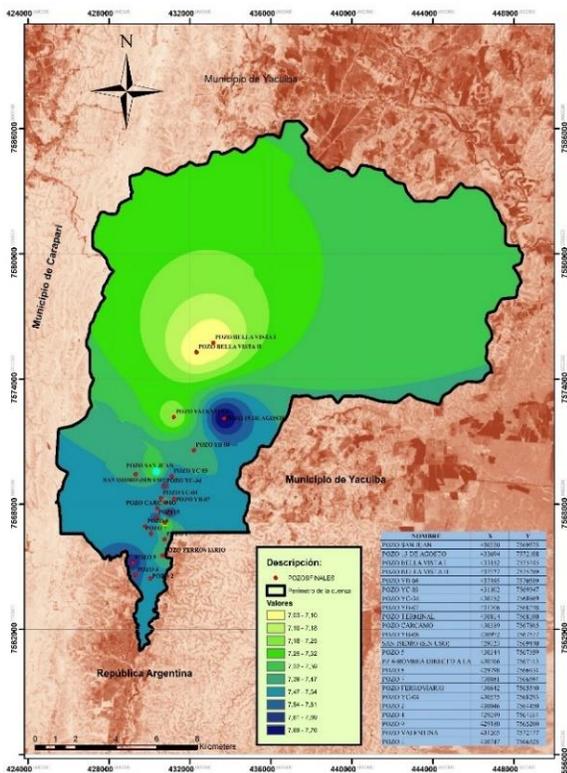


Figura N° 10. Identificación de mantos acuíferos

Los rangos de pH analizados están comprendidos entre los 7.03 como valor mínimo y 7.76 como valor máximo, siendo estos valores muy aceptables casi asimilados como valores neutros, dentro de la NB-512. Ver figura 10.

- ⊙ Estando los pozos en la mancha urbana, se deben comprender otro tipo de análisis, sean estas probabilidades de vulnerabilidad a la contaminación de las masas de agua y de los acuíferos en sí, siendo un alto riesgo al cual está sometida la cuenca por las diferentes actividades antrópicas a las cuales se somete temporalmente.
- ⊙ Se debe mencionar que existe un alto riesgo de estrés hidrogeológico, esto debido a la creciente mancha urbana y distintos usos que se da a las fuentes de agua.
- ⊙ Si bien se contempla una metodología mediante el diagrama de Schoeller, para identificar la uniformidad de o dispersión de las muestras obtenidas, estas fueron comparados con los parámetros de la Norma Boliviana NB-512 y estas se encuentran dentro de los parámetros aceptables.
- ⊙ Si bien se hizo una identificación de acuíferos, estas fueron determinadas en función a las concentraciones de “pH” descartando las otras concentraciones minoritarias, esto también tomando en cuenta el tamaño de muestra cuenca en estudio.
- ⊙ Se recomienda profundizar los estudios e investigaciones referentes a esta temática, sosteniendo la idea primordial, que la ciudad de Yacuiba cuenta con esta fuente elemental para la subsistencia de los habitantes establecidos en esta ciudad.
- ⊙ Se recomienda realizar estudios de bombeo para determinar las características de agotamiento de los acuíferos, además de ello se debe tener en cuenta que mucho de estos pozos se encuentran a pocos metros de separación, produciendo un descenso drástico en su nivel dinámico.
- ⊙ También se debe entender que los procesos de recarga natural se ven afectados por la impermeabilidad de los suelos, tomando en cuenta que el caudal producido en esta zona escurre y no se somete a un proceso natural de infiltración, tomando en cuenta que la ciudad de Yacuiba esta sobre en un lecho detrítico que facilita los procesos de infiltración y recarga hídrica.
- ⊙ Es recomendable profundizar los análisis de parámetros básicos, tomando en cuenta la presencia de elementos traza como el Cobre, Cromo y seguimiento a la presencia de Arsénico, este elemento es muy típico en estas zonas y causa muchos daños a la salud humana.
- ⊙ Proponer un control riguroso a los niveles piezométricos, con la visión de determinar el flujo hidrodinámico de los acuíferos.
- ⊙ Se recomienda realizar un estudio de meteorización de rocas carbonatadas de ambas serranías, con el objetivo de identificar la dureza de las aguas subterráneas, esto influenciado con la producción de enfermedades renales en la zonas y comunidades del municipio de Yacuiba.

## 4.2. Recomendación:

- ⊙ Se debe plantear una serie de estrategias para evitar la contaminación de acuíferos subsuperficiales, esto debido a las actividades desarrolladas en la zona.
- ⊙ El gobierno municipal y la subgobernanación de Yacuiba, debe profundizar el presente estudio, con la misión de identificar posibles zonas de aprovechamiento para la exploración de recursos hídricos, como también para su resguardo y evitar la contaminación del sistema acuífero de esta zona.

## 5. Bibliografía

- 📄 Auge, M. (2007). Agua fuente de vida. Universidad de Buenos Aires., 31. <http://tierra.rediris.es/hidrored/ebooks/miguel/AguaFuenteVida.pdf>
- 📄 Custodio Gimena Emilio, Llamas Mardurga Manuel Ramón, S. H. A. (2015). La investigación hidrogeológica Española en el contexto mundial. Custodio y Llamas, 32. <https://rac.es/ficheros/doc/00997.pdf>
- 📄 Gaspari, F. J. (2009). Estimación espacial, temporal y económica de la pérdida de suelo por erosión hídrica superficial. Terra Latinoamericana, 27(1), 43-51.
- 📄 Viva, Q. (2012). Water, an essential resource. Instituto Centro de Estudios Transdisciplinarios Del Agu (CETA), 25. <https://www.redalyc.org/pdf/863/86325090002.pdf>
- 📄 Herraiz, A. S. (2009). La importancia de las aguas subterráneas. Revista de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, 103(1), 97-114.
- 📄 Robles Arenas, V. M. (2007). Caracterización hidrogeológica de la Sierra de Cartagena-La Unión (SE de la Península Ibérica). Impacto de la minería abandonada sobre el medio hídrico.
- 📄 Pino V, E., & Coarita A, F. (2018). Caracterización hidrogeológica para determinar el deterioro de la calidad del agua en el acuífero la yarada media. Revista de Investigaciones Altoandinas, 20(4), 477-490.
- 📄 Castro, L. (2010). Caracterización hidrogeológica del acuífero aluvial Naranjito, Quepos, Puntarenas. Revista Geológica de América Central, (42), 99-114.}
- 📄 Malhotra, N. K., & Benassini, M. (2008). Investigación de mercados (Vol. 5). México DF: Pearson educación.
- 📄 Valdiviezo, A. (Marzo de 2021). Iagua. Obtenido de Iagua: <https://www.iagua.es/respuestas/que-es-embalse>
- 📄 Villena, H. (Diciembre de 2004). CASO DE ESTUDIO UNESCO/OEA ISARM AMÉRICAS, SISTEMA ACUÍFERO YRENDATA-TOBA-TARIJEÑO. Obtenido de CASO DE ESTUDIO UNESCO/OEA ISARM AMÉRICAS, SISTEMA ACUÍFERO-YRENDATA-TOBA-TARIJEÑO.: [https://www.oas.org/DSD/isarm/Documents/Spanish/informe\\_final\\_SAYTT\\_BOLIVIA.pdf](https://www.oas.org/DSD/isarm/Documents/Spanish/informe_final_SAYTT_BOLIVIA.pdf)
- 📄 YPFB (2016), Descripción de rasgos geológicos y geomorfológicos. <http://www.ypfbtransierra.com.bo/es/pdf/eeia/geologia.PDF>

# ARTÍCULO 5

Recibido: 18/4/2022  
Aprobado: 25/5/2022

# ¿Existe el método científico artesanal en Aristóteles?

*Does the artisanal scientific method exist in Aristotle?*

Omar Elias Yana Cerezo <sup>1</sup>

Correspondencia del autor(es): [omar182\\_ya@hotmail.com](mailto:omar182_ya@hotmail.com) <sup>1</sup>.

## Resumen

Aristóteles define al hombre como un “animal racional”, y en la época de la griega clásica ya estaban sentadas las bases de la ciencia positiva y pensamiento abstracto, que dio el paso del mito a la razón. Y el estagirita ha proporcionado numerosos aportes en el desarrollo del método científico y filosófico.

En este sentido se partió del siguiente problema: ¿Existe el método científico artesanal en Aristóteles?

El objetivo del presente trabajo, es contribuir al debate sobre el método científico.

La metodología utilizada fue la revisión de material bibliográfico. En la recolección de datos se empleó la fuente primaria del filósofo y polímata Aristóteles y fuentes secundarias.

La tesis a probar es que el método científico de Aristóteles es componible con lo artesanal, gracias a los factores personales, de su contexto, de experiencias vividas y aprendidas de artesanos curativos.

**Palabras clave:** Aristóteles, Artesanal, ciencia, filosofía, método científico.

## Abstract

Aristotle defines man as a “rational animal”, and at the time of classical Greek the foundations of positive science and abstract thought were already laid, which gave way from myth to reason. And the stagirite has provided numerous contributions in the development of the scientific and philosophical method.

In this sense, the following problem was started: Does the artisanal scientific method exist in Aristotle?

The objective of this paper is to contribute to the debate on the scientific method.

The methodology used was the review of bibliographic material. In data collection, the primary source of the philosopher and polymath Aristotle and secondary sources were used.

The thesis to prove is that Aristotle’s scientific method is compossible with the craft, thanks to personal factors, its context, experiences lived and learned from healing craftsmen.

**Key words:** Aristotle, craft, science, philosophy, scientific method.

## 1. Introducción

El hombre actual, cuando se dice hombre, se dice mujer también, o sea, el Homo Sapiens, que se diferencia de otros hombres y especies por ser sabios –habilidad cognoscitiva de aprendizaje y de enseñanza del conocimiento, lo que involucra un pensamiento complejo y abstracto–, ha utilizado una caja de herramientas de piedras sofisticadas en un comienzo y lo transmitió a sus descendientes, de ello tenemos evidencia hace al menos 71.000 años en Sudáfrica. Aristóteles lo define como un “animal racional”, y en caso de no actuar conforme a la razón se hace semejante al animal. Sin embargo, con respecto a la maravillosa herramienta del método científico, no tenemos evidencias de los primitivos científicos: matemáticos, astrónomos, ..., no obstante, se tiene papiros griegos que sentaron las bases del camino de la ignorancia al conocimiento, del mito a la razón, del mito a la ciencia (ver Jean-Pierre, V. 1973, cap. 7). Y seguramente, de otras culturas no hay evidencia a causa de que el pensamiento y la lengua oral se escriben en el aire y se esfuman en el olvido llevado por el viento; en cuanto a manuscritos, estos pueden sucumbir al fuego, o la tinta disolverse en agua, como ocurrió en la destrucción de la Biblioteca de Alejandría y La Casa de la Sabiduría, esto nos suministra una idea de la gran pérdida para el conocimiento en general. Lo interesante, es la evidencia de numerosos aportes a la ciencia procedentes de Aristóteles, donde en sus tratados sienta los fundamentos acerca del desarrollo del método científico y filosófico para alcanzar nuevo conocimiento científico y filosófico respectivamente.

En este trabajo se tratará de probar que el método científico de Aristóteles es composable con lo artesanal, y que su actividad investigativa es propia de sus factores personales, su contexto temporal y de las experiencias vividas y acumuladas de los artesanos, ya que los oficios curativos eran ejercidos generalmente por artesanos –médicos–.

## 2. Materiales y métodos

Para desarrollar este trabajo se encuentra articulado en el material bibliográfico del filósofo y polímata Aristóteles en base a sus obras “Metafísica” y “Tratados de Lógica (Órganon) II: Sobre la Interpretación. Analíticos Primeros. Analíticos Segundos”.

El objeto de estudio es el método científico.

Y los métodos lógicos utilizados son: el método deductivo (racional), el método analítico y el método sintético.

En la recolección de datos se empleó fuentes primarias y fuentes secundarias.

## 3. Desarrollo

Aristóteles (384-322 a.C.) nació en la ciudad de Estagira (Macedonia), su padre era médico, su aprendizaje lo realizó en la Academia de Platón, viaje por diferentes lugares de Grecia y el mar Egeo, fue docente de Alejandro Magno, y fundo el centro de enseñanza del Liceo, los estudiantes seguramente debían seguir un exigente conjunto de enseñanzas, como preparación para asimilar una conducta de razonamiento en base a los hechos de la realidad, caracterizado por el rigor y la certeza, tomando la frase del estagirita como referencia “las ciencias tienen las raíces amargas, pero dulces los frutos” (Laercio, 1950). Encima fue filósofo y un polímata –conocedor de muchas materias–. Por este último, podría caracterizarse como laborioso, preciso, absorto en su trabajo, e introvertido (Alfven, 1971).

El contexto en que vivió Aristóteles, es una situación democrática en la Grecia clásica, Atenas, donde la educación debía formar al “hombre griego” (Morales et al., 2018), los platónicos en la academia y los aristotélicos en el liceo; por otra parte, se debe recordar que hubo una preparación intelectual por parte de los presocráticos: a través de Tales de Mileto, Pitágoras de Samos y muchos otros, que dieron el paso del mito a la razón

(Piulats, 1982). Aun así, la sociedad griega vivía basada en el trabajo de los esclavos, manteniendo como base la desigualdad entre los hombres (Pérez, 2011), con énfasis en la capacidad intelectual y física para la producción de conocimiento y producción artesanal –en mayor medida desvalorizada–. Por medio de todo ello, aparecen los mejores pensadores, como son Sócrates, Platón y Aristóteles, y se empiezan a germinar los primeros métodos filosóficos, científicos y educativos con mayor complejidad.

De los métodos que tenía a disposición Aristóteles, eran de Sócrates: método de la mayéutica, se alcanza el conocimiento por medio del diálogo de preguntas guiadas y respuestas; de Platón: método dialéctico se basa en la razón; de Tales de Mileto: método empírico de observación; y con este último nace la ciencia según Jumbo, 2018, es decir, la ciencia positiva que es diferente a la ciencia moderna. Por otra parte, Aristóteles en “Los Segundos Analíticos” expone que la ciencia es “conocer la causa por la que es la cosa, que es la causa de aquella cosa y que no cabe que sea de otra manera” (Aristóteles, Analíticos Segundos, I, 2, 71b10), se debe hacer notar, que sólo es posible poseer conocimiento científico, si se conoce su causa utilizando el silogismo demostrativo, que establece relación entre el antecedente y el consecuente (Pedro de Abano, 1310, como se citó en Pérez, 1990). Pero considera cuatro causas: (1) material, el elemento –madera– que está hecho la cosa –mesa–; (2) formal, la apariencia –forma o idea– de la cosa –mesa–; (3) eficiente, el que produce –carpintero– la cosa –mesa–; y (4) final, la actualización –semilla– o tendencia a ser de la cosa –árbol–; que deben responder a la cuestión ¿Por qué?, un ejemplo que plantea el estagirita, es el siguiente “no dicen el porque acerca de nada ... por que el fuego es caliente, sino solamente que es caliente” (Aristóteles, Metafísica, I, 1, 981b10), es así que distingue tres ciencias teóricas: física –ciencia de la naturaleza o filosofía de la naturaleza–, seres sensibles; matemática, subsisten en seres sensibles separados mediante la abstracción,

y metafísica –ciencia de la filosofía, filosofía primera o teología–, seres separados (Gómez, 2016). Además, de las ciencias prácticas –ética y política– y productivas –poética y retórica– (Yarza de la Sierra, 2015). Pero la ciencia moderna sólo mantiene la causa material y eficiente.

Así pues, un requisito imprescindible es “la demostración <parte> de las cuestiones universales, y la comprobación, de las particulares, pero es imposible contemplar los universales si no es a través de la comprobación... es imposible comprobar sin tener la sensación” (Aristóteles, Analíticos Segundos, 1, 18, 81b40). De esta manera, se establece la ciencia como ciencia demostrativa de la explicación de la realidad.

La definición actual de ciencia tiene una parecida aproximación al término utilizado por el estagirita “Filosofía de la Naturaleza”. Pero Aristóteles lo que constituye es una teoría unitaria de la ciencia, presuponiendo la posibilidad de una metodología que las abarcara a todas por igual, con los siguientes pasos de forma sistémica para el método de investigación (Mansilla, 2021): (1) constatar un problema, delimitarlo, ordenarlo y compararlo con otros fenómenos; (2) estudiar otras opiniones de pensadores actuales o anteriores; (3) analizar la dificultad de los fenómenos, y volver a analizarlo iterativamente; (4) establecer una hipótesis provisional y discusión con otros expertos; y (5) analizar lingüísticamente, para evitar ambigüedades. Otros señalan que el proceder es (Programas Santa Clara S.A., 2015): (1) identificar el problema a resolver; (2) contrastar información de los pensadores, con los nuevos datos recopilados de la observación sistémica y la experimentación –no en el sentido moderno– práctica (Dunn, 2006); (3) formular la hipótesis para la explicación de los resultados; (4) probar la teoría por medio de la experimentación práctica; y (5) llegar a una conclusión donde se confirma, se abandona, o se modifica la hipótesis. También, construyo instrumentos que son parte de la Filosofía de la Naturaleza que conformaron la idea del método: la teoría de las definiciones,

la teoría de la causalidad, la teoría del silogismo, y el método inductivo-deductivo (Pérez, 1990). Este último, consiste en dos etapas, la primera sigue la creación de premisas para la explicación de los fenómenos, a partir de observaciones particulares proponiendo la conclusión, es decir, premisas y conclusión contienen los mismos términos elementales, en lo que se sigue, sobre las conclusiones de la inducción es utilizada como premisas para construir las conclusiones, es decir, deducir leyes generales para explicar los fenómenos observados (Burgos et al., 2020; Pérez, 1990).

Pero un hecho relevante, es que los artesanos compraban esclavos y les enseñaban su oficio. En el caso de los artesanos de oficios curativos, al mismo tiempo ejercían otras actividades y disponían de técnicas de diagnóstico y disección, lo que dio origen al florecimiento de los médicos Asclepiadas –descendientes de Asclepio: Dios griego de la medicina y de la curación– (Piulats, 1982); del cual, el padre de Aristóteles provenía del gremio de los Asclepiades. Con esto queda claro que los artesanos no eran teóricos, sino prácticos, transmitieron conocimiento sobre el cuerpo humano mediante actividades físicas de observación. Lo que marcaría en Aristóteles una influencia breve (Cortés et al., 2016) en su niñez, por la enseñanza habitual de padres a hijos (Gargantilla, 2011) y esto estimularía interesarse por la experiencia y la disección en animales que es una actividad artesanal.

De este modo, surgirán las obras científicas o de filosofía natural del estagirita (Alonso, 2015): Física, Meteorológicos, Historias de los animales, Del movimiento de los animales, De la generación de los animales, Sobre el alma, Parva naturalia,...–; donde tuvo influencia en las ciencias especializadas establecidas hoy como: Física, Mecánica, Astronomía, Geología, Óptica, Biología, Zoología, Embriología, Psicología. Sin embargo, su método científico le trajo en la mayoría de los casos un resultado de conocimiento carente de certeza, que ya no son fértiles actualmente, pero eso no quita la eficacia de su método, en

las ciencias mencionadas tienen implícitamente la concepción de ley natural, donde se busca lo constante en la variación de lo sensible (Papp, 1945).

Como ejemplos centrales se tomará la biología y la física de Aristóteles. Se sigue de la primera, la hipótesis de la generación espontánea –ciertos animales y plantas se originan a partir de materia sin vida– muchos seguramente lo comprobaron mediante la observación directa. Pero mediante un procedimiento de Francesco Redi (Bellés, 2007): se verificará el comportamiento de la naturaleza experimentalmente, ello brindo la magnífica comprobación que la deducción del estagirita estaba equivocada dejándola obsoleta. En lo que se sigue de la segunda, en la rama de la Óptica, en el Islam clásico hubo una combinación de la teoría y la práctica, es decir, la unión de la ciencia –teoría– y la artesanía –práctica– con mayor profundidad. Los científicos, por lo general eran fabricantes de sus instrumentos de cálculo y observación, lo que mejoraba sus capacidades de experimentación y argumentación racional, donde resalta Alhacén; sus trabajos de disección posibilitó realizar un esquema completo del ojo (Calvo, 2015) y el método científico llamado “demostraciones verdaderas” (Steffens, 2017) involucra el siguiente procedimiento (Steffens, 2006, como se citó en Wikipedia Español, 2019): (1) declaración de un problema mediante la observación; (2) comprobación de una hipótesis usando experimentación; (3) interpretación de los resultados y formulación de la conclusión a través de pruebas matemáticas; (4) reproducción y publicación de los resultados. Por otra parte, influenciado por el pensamiento religioso, especialmente por el dicho del Profeta Mahoma que manifiesta “Buscar conocimiento es un deber de todo musulmán” (Salik, 2008). Con ello demostró la hipótesis de extromisión –la luz viaja en línea recta causado por alguna luz propia o procedente de otra fuente, y crea imágenes que son percibidas cuando llega a la vista– (Calvo, 2015); y la tesis de la visión –la luz es el estado de realiza-

ción de la transparencia donde el medio de comunicación es el aire o agua, y es necesario para la visión— (Linberg, 1976, como se citó en Gross, 1999) de Aristóteles resultaba inviable. De aquí se engloba un paso del método inductivo-deductivo al método hipotético-deductivo, en el primero lo artesanal incorporado en menor medida y en el segundo en mayor medida; ambas permiten la producción de conocimiento científico llevada a cabo en la actividad de investigación.

Volviendo al término “artesanal” la Real Academia Española lo define como: persona que ejercita un arte u oficio meramente mecánico. La producción artesanal según McNabb, (2021) “El proceso no es mecanizado, sino manual y controlado por decisiones tomadas en el momento de acuerdo con criterios de gusto, estéticos, y otros factores de índole personal” y el artesano se basa en la realidad tangible y puede sentirse orgulloso de su trabajo, pero no se debe olvidar que el término está cargado de un sentido de género vinculado exclusivamente al hombre y manteniendo en inferioridad a la mujer (Sennett, 2008). Es evidente que la experiencia práctica y vivida de Aristóteles se recrea en lo estético, para él, la belleza es orden, simetría y precisión (Parré 1949), ciertamente el método inductivo-deductivo es prueba de ello.

## 4. Conclusiones

En definitiva, se llega a un término componible del “método científico artesanal”, ya que partió de la propia persona de Aristóteles, de la experiencia práctica y vivida de su padre, de los artesanos, de los presocráticos y de los fenómenos imperativamente locales; además, de su experiencia e instrumento de razonamiento: el silogismo —Lógica—. Y como la historia lo demostraron sus resultados fueron únicos, aunque algunas de sus teorías fueran desacreditadas. Se ha distinguido dos aspectos: lo artesanal —práctico— y lo científico —teórico—; esto lleva a hacer más explícito el término “método científico artesanal” de Aristóte-

les para elevar el aspecto artesanal, a pesar de no practicar la transformación de la materia, pero sí el uso de instrumentos materiales, en el método y la ciencia. Aunque actualmente ha tomado diferentes formas profundas la ciencia, en especial en el estudio de la naturaleza por parte de la Física, Biología y otras ramas afines. Es así, que el conocimiento alcanzado por el método inductivo (experiencia)-deductivo (demostración) no se esfuma, aún perdura, pero son obsoletos en el estado actual de las ciencias naturales.

## 5. Bibliografía

- ❏ Alfven, H. (1971). *Átomo, hombre y universo*. La larga cadena de complicaciones. Editorial Universitaria. Santiago de Chile, Chile. -.
- ❏ Alonso, L. (2015). *Aristóteles*. Primera aproximación sistemática al estudio de la naturaleza viva. Fecha de consulta, 15 de octubre de 2021. Youtube, de [https://www.youtube.com/watch?v=CycvRAP\\_uRw&t=686s](https://www.youtube.com/watch?v=CycvRAP_uRw&t=686s).
- ❏ Aristóteles (1994). *Metafísica*. Biblioteca Clásica Gredosa. Traducción del griego: Tomas Calvo Martíne. Madrid, España.
- ❏ Aristóteles (1995). *Tratados de lógica (Órganon)*, vol. II: *Sobre La Interpretación*. Analíticos Primeros. Analíticos Segundos. Biblioteca Clásica Gredos. Traducción del griego: Miguel Candel Sanmartín. Madrid, España.
- ❏ Bellés, X. (2007). *Francesco Redi (1626-1697) contra la generación espontánea*. En *Boln. S.E.A.*, N<sup>o</sup> 40. Volumen-. pp 15–15.-,-.
- ❏ Bertrand, R. (1998). *Sociedad Humana: Ética y Política*. Editorial: Altaya, Barcelona. Título original: *Human Society in Ethics and Politics*.

- ◻ Burgos, R., Burgos, N., Gilsanz, F., Téllez, G., y Rodríguez, J. (2020). Aristóteles: creador de la filosofía de la ciencia y del método científico (Parte I). En *Anales de la Real Academia de Doctores de España*. [en línea]. N° 2. Volumen 5. pp 279–295. -. Fecha de consulta: 02 de noviembre de 2021. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2672651/>.
- ◻ Calvo, M. (2015). La excepcional contribución de Ibn-al-Hytham (Alhacén) a las ciencias. Un intento de aproximación a la ciencia de la óptica en el Renacimiento Musulmán del siglo XI. En *RdF*, N° 1. Volumen 29. pp 31–35. Marzo,-.
- ◻ Cortés, M., Rodríguez, J., Rodríguez, M., Pablo del Río, J., y Vigil, P. (2016). Año Internacional de Aristóteles: recordando los aportes a la medicina y a la biología humana de este gran polímata. En *Rev Med Chile*, N° 144. Volumen -. pp 1498–1499. -, -.
- ◻ Dunn, P. (2006). Aristotle (384–322 bc): philosopher and scientist of ancient Greece. En *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed*. [en línea]. N° 1. Volumen 91. pp F75–F77. Enero. Fecha de consulta: 30 de octubre de 2021. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2672651/>.
- ◻ Gargantilla, P. (2011). *Breve Historia de la Medicina*. Ediciones Nowtilus. Madrid, España. [www.brevehistoria.com](http://www.brevehistoria.com).
- ◻ Gómez, R. (2016). Sobre el concepto aristotélico de ciencia. Reconstrucción y vigencia. En *Disputatio. Philosophical Research Bulletin*. [en línea]. N° 6. Volumen 5. pp 237–265. Diciembre. Fecha de consulta: 01 de noviembre de 2021. Disponible en: <https://www.eumed.net/rev/cccss/16/eapf.html>.
- ◻ Gross, C. (1999). The Fire That Comes from the Eye. En *The Neuroscientist*, N° 5. Volumen -. pp 58–64. -, -.
- ◻ Jean-Pierre, V. (1973). Mito y pensamiento en la Grecia antigua. En Ariel, E. (ed). Capítulo VII: del mito a la razón (pp. 334–364). Traducción castellana de Juan Diego López Bonillo. Barcelona, España.
- ◻ Jumbo, W. (2018). *La Filosofía Natural de los Filósofos de Mileto como Aporte al Estudio del Conocimiento Actual de la Ciencia*. Tesis (Master en Filosofía). Universidad Pontificia Bolivariana, -. -.
- ◻ Laercio, D. (1950). *Vida de los filósofos más ilustres*. Espasa Calpe. Traducción del griego: José Ortiz y Sanz. Buenos Aires, Argentina.
- ◻ Mansilla, H. C. F. (2021). étik, estétik & polítik Studio. 010/02 Dr. H.C.F. Mansilla, *Filosofía griega II*, II/2021, (Aristóteles). Fecha de consulta, 15 de octubre de 2021. Youtube, de <https://www.youtube.com/watch?v=spXzFvq34tQ>.
- ◻ McNabb, D. (2021). *La filosofía artesanal*. Fecha de consulta, 08 de agosto de 2021. Youtube, de <https://www.youtube.com/watch?v=Unz8THPiK8w>.
- ◻ Morales, P., Bermúdez, J., y García, J. (2018). Planteamientos sociopolíticos de la educación en el pensamiento filosófico griego antiguo: Sócrates, Platón y Aristóteles. En *INNOVA Research Journal*. [en línea]. N° 2. Volumen 3. pp 136–146. Enero. Fecha de consulta: 10 de octubre de 2021. Disponible en: <https://doi.org/10.33890/innova.v3.n2.2018.431>.
- ◻ Papp, D. (1945). *Filosofía de las leyes naturales*. Ediciones Espasa-Calpe. Buenos Aires, Argentina. -.

- 🔖 Parré, L. (1949). Los valores estéticos en la filosofía aristotélica. En Primer Congreso de Filosofía, N<sup>o</sup> 10. Volumen-. pp 1445–1451.-,-.
- 🔖 Piulats, O. (1982). Orígenes del naturismo médico. En *Natura Medicatrix: Revista médica para el estudio y difusión de las medicinas.* [en línea]. N<sup>o</sup> -. Volumen-. pp 4–7. -. Fecha de consulta: 25 de octubre de 2021. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6914373>.
- 🔖 Pérez, E. (2011). El problema del ascenso de lo abstracto a lo concreto. En *Contribuciones a las Ciencias Sociales.* [en línea]. N<sup>o</sup> -. Volumen -. pp -. -. Fecha de consulta: 01 de octubre de 2021. Disponible en: <https://www.eumed.net/rev/cccss/16/eapf.html>.
- 🔖 Pérez, R. (1990). ¿Existe el Método Científico?. El Colegio Nacional y Fondo de Cultura Económica. México.
- 🔖 Programas Santa Clara S.A. (2015). Aristóteles y el Método Científico. Fecha de consulta, 01 de julio de 2015. Youtube, de [https://www.youtube.com/watch?v=CycvRAP\\_uRw&t=686s](https://www.youtube.com/watch?v=CycvRAP_uRw&t=686s).
- 🔖 Salik, E. (2008). Ibn al-Haytham: First Scientist. Fecha de consulta, 05 de noviembre de 2021. Fountain Magazine, de <https://fountainmagazine.com/2008/issue-63-may-june-2008/ibn-al-haytham-first-scientist>.
- 🔖 Sennett, R. (2008). *The Craftsman.* Yale University Press New Havene. Londres, Reino Unido. Traducción de: Marco Aurelio Galmarini.
- 🔖 Steffens, B. (2017). Author Bradley Steffens on ‘First Scientist’, Ibn al-Haytham. En *A preprint from the Institute of Higher Reasoning (IHR) journal, Quranicosmos, N<sup>o</sup> 2. Volumen 1.* pp 1–9. Enero,-.
- 🔖 Wikipedia Español (2019). Historia del método científico. Fecha de consulta, 18 de octubre de 2021. Wikipedia, de <https://es-academic.com/dic.nsf/eswiki/1310763>.
- 🔖 Yarza de la Sierra, I. (2015). Aristóteles. *Philosophica: Enciclopedia filosófica on line.* Madrid, España. <http://www.philosophica.info/archivo/2015/voces/aristoteles/Aristoteles.html>.

# ARTÍCULO 6

Recibido: 30/7/2022  
Aprobado: 18/3/2022

# Análisis de escenario futuro con déficit hídrico con el modelo hidrológico Weap en la cuenca alta del Río Guadalquivir

*Future scenario analysis with water deficit with the Weap hydrological model in the upper basin of the Guadalquivir River*

Moisés Agustín Lozano Velásquez <sup>1</sup>, Khalil Valeriano León <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Ingeniero Civil, docente universitario carrera de Ingeniería Civil UAJMS.

Correspondencia del autor(es): [moicoml55@gmail.com](mailto:moicoml55@gmail.com)<sup>1</sup>.

## Resumen

En el presente estudio se genera un modelo hidrológico que debe la oferta y demanda de agua en la cuenca alta del río Guadalquivir, mediante la caracterización de datos climáticos, uso de suelos, demanda de agua, obras hidráulicas y sanitarias (embalse, planta de tratamiento).

Para obtener un modelo hidrológico en WEAP (plataforma del sistema para evaluación y planeación del agua) es necesario el proceso de calibración que consiste en comparar los caudales aforados o medidos con los caudales simulados e ir ajustando los parámetros del método humedad del suelo. Para determinar el grado de relación del modelo con el sistema físico real se utiliza las métricas de BIAS y NASH.

Al contar con un modelo calibrado, se puede generar escenarios alternos y alcanzar el objetivo propuesto, que es proponer estrategias o planes que optimicen el aprovechamiento hídrico de la cuenca alta del río Guadalquivir con el modelo WEAP en base a escenarios futuros situación extrema periodo seco.

El enfoque de investigación es cuantitativo, el tipo de investigación según profundidad es propositiva, los métodos teóricos empleados son el análisis documental, modelación y causal, en cuanto al método empírico se utiliza la observación y medición.

Los resultados de mayor relevancia obtenidos señalan que los aforos de los caudales mensuales en las estaciones hidrométricas requieren de un mayor tratamiento y análisis. Los escenarios alteros deben proyectar un com-

portamiento semejante al de análisis mediante la información actual. A partir del índice de escasez se establece dos líneas de acción que compensen los efectos de una situación extrema, como la gestión de riego, gestión de cuencas.

**Palabras clave:** Calibración, modelo, cuenca, métrica, calibración, escenarios, planes, WEAP.

## Abstract

In the present study, a hydrological model is generated that accounts for the supply and demand of water in the upper basin of the Guadalquivir River, through the characterization of climatic data, land use, water demand, hydraulic and sanitary works (reservoir, treatment plant).

To obtain a hydrological model in WEAP (system platform for water evaluation and planning), the calibration process is necessary, which consists of comparing the measured or gauged flows with the simulated flows and adjusting the parameters of the soil moisture method. To determine the degree of relationship of the model with the real physical system, the BIAS and NASH metrics are used.

By having a calibrated model, alternative scenarios can be generated and the proposed objective achieved, which is to propose strategies or plans that optimize water use in the upper basin of the Guadalquivir River with the WEAP model based on future scenarios in an extreme dry period situation.

The research approach is quantitative, the type of research according to depth is propositional, the theoretical methods used are documentary analysis, modeling and causal, as for the empirical method, observation and measurement are used.

The most relevant results obtained indicate that the gauging of the monthly flows in the hydrometric stations require greater treatment and analysis. The alternative scenarios must project a behavior similar to that of the analysis using the current information. Based on the scarcity index, two lines of action are established to compensate for the effects of an extreme situation, such as irrigation management, basin management.

**Keywords:** Calibration, model, basin, metric, calibration, scenarios, plans, WEAP.

## 1. Introducción

Para la oferta de agua se debe realizar un análisis temporal en el periodo que se pretende calibrar y validar el modelo, procurando que las variables de uso de suelo como cobertura y textura correspondan o se aproximen a dicho periodo. En el caso de la información climática debe ser analizada y verificada realizando pruebas de consistencia y homogeneidad. Para utilizar la información de la grilla climatológica en el modelo WEAP, se tiene que verificar que los datos de la grilla GMET sean próximos a los registrados en las estaciones, de tal manera, que la diferencia entre los registros pluviométricos y la información de la grilla meteorológica del BHSB sea mínima. En la herramienta de modelación WEAP la información climática y uso de suelo se comporta como variables de una función, en el caso de ser necesarios se puede ajustar la información climática mediante una ecuación de regresión, que relacione los datos de campo con la grilla.

El modelo hidrológico debe ser contextualizado en el periodo de calibración, es decir las variables climáticas, uso de suelo, demanda y obras hidráulicas corresponde al periodo de tiempo en el periodo de análisis, en caso contrario realizar una estimación según censos estudios y datos disponibles.

Para la caracterización del modelo SMM (soil moisture method), requiere información sobre capacidad de suelo en términos de infiltración y retención en los diferentes estratos representados por los contenedores de almacenamiento; estos parámetros han sido ajustados en base a indicadores (métricas) que verifique la representatividad de los valores asignados por medio de la comparación entre observaciones de campo y valores simulados.

Se calibra los parámetros de uso de suelo del método humedad del suelo, y procura iterar los parámetros hasta que los caudales simulados se aproximen a los caudales aforados; para verificar si la calibración es adecuada, se emplea el coeficiente de determinación y confiabilidad de predicción hidrológica Nash-Sutcliffe y BIAS.

En la práctica la validación verifica si el modelo calibrado tiene un desempeño adecuado en referencia a la predicción de caudales. (Wagener, Wheater, & Gupta, 2004)

El proceso de calibración debe ir acompañado de la validación del modelo hidrológico, para conocer el comportamiento del modelo en un periodo distinto al de calibración. Dicha validación corrobora si el modelo se está desempeñando de forma adecuada y simula la respuesta hídrica natural de la cuenca en el transcurso del tiempo. El proceso de validación es similar al de calibración cambiando los periodos de análisis, siendo uno anterior la calibración y posterior el de validación siempre que se cuente con un registro suficientemente extenso, para constatar la validación del modelo matemático se emplea las métricas de NASH y Bias.

Para proyectar escenarios alternos es necesario analizar su comportamiento futuro, considerando factores que pueden alterar la respuesta hídrica de la cuenca, pudiendo ser obras de gran magnitud como presas y sistemas de riego, cambio climático, deforestación. En el caso específico del estudio se considera un escenario de déficit hídrico en condiciones secas.

La proyección de los caudales mensuales de la cuenca alta del río Guadalquivir se emplea la proyección de precipitación y temperatura que

propone el BHSB (MPI-ESM-MR), las variables climáticas de humedad relativa, velocidad del viento y nubosidad se mantienen cíclicas hasta el periodo proyectado, en cuanto a la combinación de cobertura vegetal y textura se mantiene constante.

Para analizar las situaciones críticas secas, se estima el índice de escasez correspondiente a la relación porcentual entra la demanda y oferta de agua, se analiza el menor gasto de la serie histórica proyectada.

La importancia de la cuenca hidrográfica como unidad de planificación y gestión es dada por ser una unidad geográfica natural con condiciones muy específicas y propias, como son: independencia relativa, límites naturales bien definidos y una dinámica funcional determinada por el intercambio de energía y materia (Drake y Hogan 2013; World Vision 2014). Así, esta proporciona servicios ecosistémicos y disponibilidad de agua dulce, necesarias para el desarrollo de la vida en el planeta y de los sistemas productivos (BID 2012, GWP 2009).

Por medio de la entrevista a expertos, análisis documental sobre la planificación de recursos hídricos, se establece planes y estrategias viables que coadyuven a reducir el impacto del cambio climático. Las líneas de acción propuestas son la gestión de riego: gestión de proyectos de aprovechamiento hídrico, monitoreo del régimen hidro climático, gestión de cuencas: mejoramiento de la calidad de agua, resiliencia de los sistemas de vida de valles y montañas.

## 2. Materiales y métodos

La investigación sigue el enfoque cuantitativo, porque se orienta en el análisis de datos y resultados, en el proceso se generaliza los resultados para explicar los fenómenos que suscitan en las variables climáticas y uso de suelos, demanda, respuesta hídrica en la cuenca alta del río Guadalquivir, empleando el modelo hidrológico WEAP.

El tipo de investigación según profundidad es propositivo, porque al realizar un análisis profundo de un escenario futuro crítico periodo seco, se plantea una propuesta para mitigar los efectos del cambio climático mediante la gestión de riego y gestión de cuenca, mejorando la situación inicial.

Los métodos teóricos de investigación utilizados son análisis documental, modelación y causal. Los métodos empíricos empleados son la observación y medición.

La muestra requerida es la información disponible para la oferta y demanda hídrica, en el caso de la oferta se precisa información de clima y uso de suelos para la conceptualización en el modelo WEAP. Las variables climáticas se obtienen de la grilla meteorológica GMET y para el uso de suelos el informe del ZONISIG, en el caso de la demanda se considera los requerimientos agrarios de cada unidad hidrográfica según el censo agropecuario, el agua para consumo humano de los centros poblados de la cuenca, derivaciones, fuentes de agua, reservorios.

Para alcanzar las metas propuestas se desarrollan los siguientes pasos:

- ⊙ Desarrollo del esquema y características básicas del modelo.
- ⊙ Análisis documental, se busca información climática, uso de suelo, demanda de la zona alta de la cuenca del Río Guadalquivir, se recurre a diversas fuentes como: el SENAMHI, inventarios de fuentes hídricas e infraestructura de riego, proyectos en la zona de estudio, uso de suelos, datos climáticos, oferta y demanda hídrica de la cuenca.
- ⊙ Se analiza la información recabada, a su vez se verifica si es consistente y fiable para trabajar.

- ⦿ Una vez seleccionada la información se procede a ingresar los datos y conceptualizar el modelo teórico en WEAP, para el modelo base.
- ⦿ Se calibra y valida el modelo hidrológico, comparando los caudales simulados con los caudales aforados.
- ⦿ Proyección de precipitación y temperatura para periodo condiciones secas propone el BHSB (MPI-ESM-MR).
- ⦿ Generar escenarios futuros en base a una situación de escasas hídrica periodo seco.
- ⦿ Propuesta de planes estratégico que mejoren el aprovechamiento hídrico de la cuenca.

### 3. Resultados

A continuación, se expone parte de los resultados obtenidos en la investigación, disgregando en los siguientes apartados.

#### 3.1. Análisis y conceptualización de datos climáticos en el modelo WEAP.

El modelo hidrológico WEAP requiere de la caracterización de información climática como la precipitación, temperatura, humedad, viento, fracción de nubosidad y latitud. Los datos de mayor relevancia para cuantificar la oferta de agua en una cuenca son precipitación y temperatura. Debido a la proximidad numérica, consistencia con los datos tierra, distribución y densidad de estaciones en la zona de estudio se adopta la información climática de la grilla meteorológica del BHSB para el modelado en WEAP.

Procedimiento	Información requerida
Se hace clic derecho en la pantalla principal, y aparece tres opciones, entre ellas el modo delimitación de cuencas.	Grilla GMET de precipitación y temperatura.
Se ingresa a la opción cargar datos climáticos (clic en cargar datos climáticos)	
En el comando explorar se busca el archivo en formato net.cdf, en este caso se busca el archivo GMET.	

Tabla 1. Procedimiento para la conceptualización de precipitación y temperatura en WEAP.

Debido a la escasa información de las variables humedad relativa, velocidad de viento y horas sol, se recurre a la información del ministerio, que cuenta con grillas multianuales y mensuales de dichas variables que abarcan el territorio nacional.

Procedimiento	Información requerida
<p>Con el QGIS se abre el archivo raster que contiene la información mensual de humedad relativa, velocidad del viento y fracción de nubosidad del periodo 1980 a 2016, se carga la información mensual numerada del 1 al 12 cada número representa información de cada mes (capa_añadir_capa raster).</p>	
<p>Se abre el archivo vector (WGS 84), que contenga la delimitación de cuenca, para tal efecto se exporta el shape de la delimitación de cuencas del WEAP, con el propósito que la información extraída coincida con el área de la cuenca (capa añadir_capa vector).</p>	
<p>Se exporta la información contenida en el raster, a las unidades hidrográficas.</p> <p>En el QGIS se dirige a caja de herramientas y procesos_Análisis ráster_Estadística Estadística de zona se carga la información de la capa ráster de cada mes.</p> <p>En “capa vectorial que contiene zonas” se selecciona la cuenca de análisis, y finalmente estadísticas a calcular. Se extrae la información requerida la “media de las variables climáticas”.</p>	<p>Grillas de humedad relativa, velocidad del viento y fracción de nubosidad formato net.cdf.</p> <p>Delimitación de la cuenca en formato vector (WGS 84)</p>
<p>Los valores medios mensuales de humedad relativa, velocidad de viento y fracción de nubosidad, se exporta al Shape de la cuenca, contenido en datos tabulados y ordenados.</p> <p>Con el ARCGIS se abre el archivo Shape con la información mensual adherida del QGIS, y se exporta la información tabulada en Excel formato csv. Para luego cargar dicha información.</p>	

Tabla 2. Procedimiento para cargar los datos de humedad relativa, velocidad de viento, fracción de nubosidad en WEAP.

### 3.2. Análisis y conceptualización de datos de uso de suelos WEAP

Para conceptualizar la información al WEAP es necesario definir las leyendas de la combinación cobertura vegetal y textura del suelo, tomando como referencia las leyendas del balance hídrico superficial de Bolivia que es la combinación de cobertura vegetal y textura, debido que se tiene información; para tal proceso se escribe primero el nombre de la cobertura y luego de la textura del terreno. Por ejemplo, si la cobertura vegetal es bosque y la textura del suelo es arcilla (CLAY=Y) primero se escribe el uso de suelo y luego la textura arcilla, queda la leyenda como Bosque\_Y.

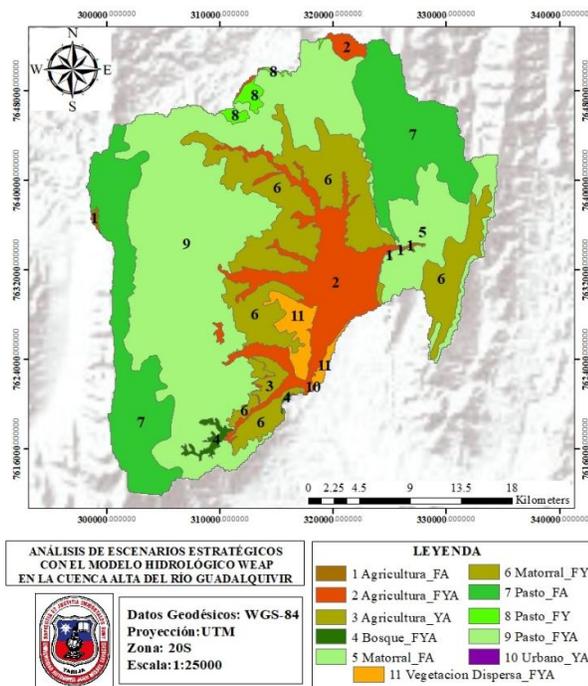


Figura 1. Combinación cobertura vegetal y textura en WEAP de la cuenca alta del río Guadalquivir.

La figura 1, muestra un mapa de uso de suelos que detalla la leyenda de la combinación cobertura y textura para la cuenca alta del río Guadalquivir.

La conceptualización de la combinación cobertura y textura en el modelo WEAP se detalla a continuación:

- ◉ Proyección de PSAD56 ZONISIG a WGS84 [WEAP].
- ◉ Cobertura vegetal se agrupa leyendas similares de manera que coincidan con la descripción BHSB.
- ◉ Se reclasifica la textura acorde a la capa superior y suelo predominante y se asigna la leyenda correspondiente (acrónimo).

- ◉ Combinación cobertura vegetal y textura del terreno, mediante el geoprocésamiento de shapefile o bien mediante álgebra de mapas raster.
- ◉ Conversión de archivo shape a netCDF (formulario de datos comunes en red), en QGIS resolución 3s (0.000833333333).
- ◉ Se enlaza el archivo netCDF con el WEAP, area.ini (siendo cuidadoso en los detalles).
- ◉ Caracteriza el netCDF, en el modelo en la opción Cobertura del suelo.

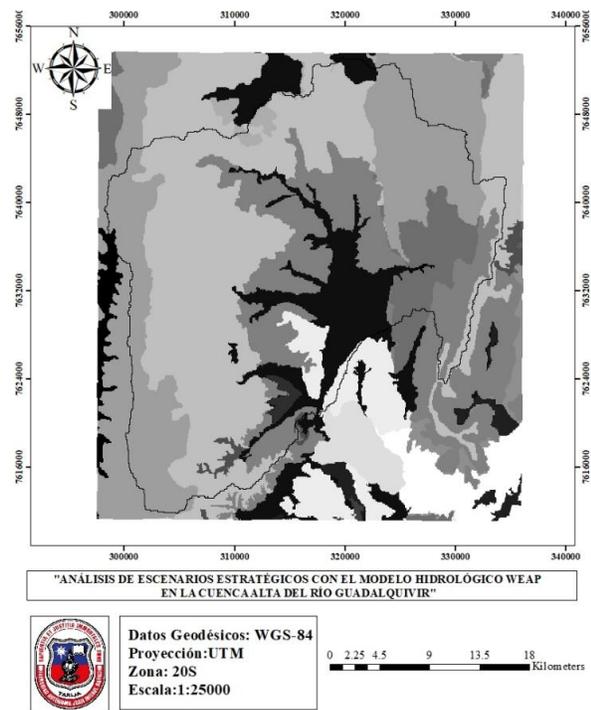
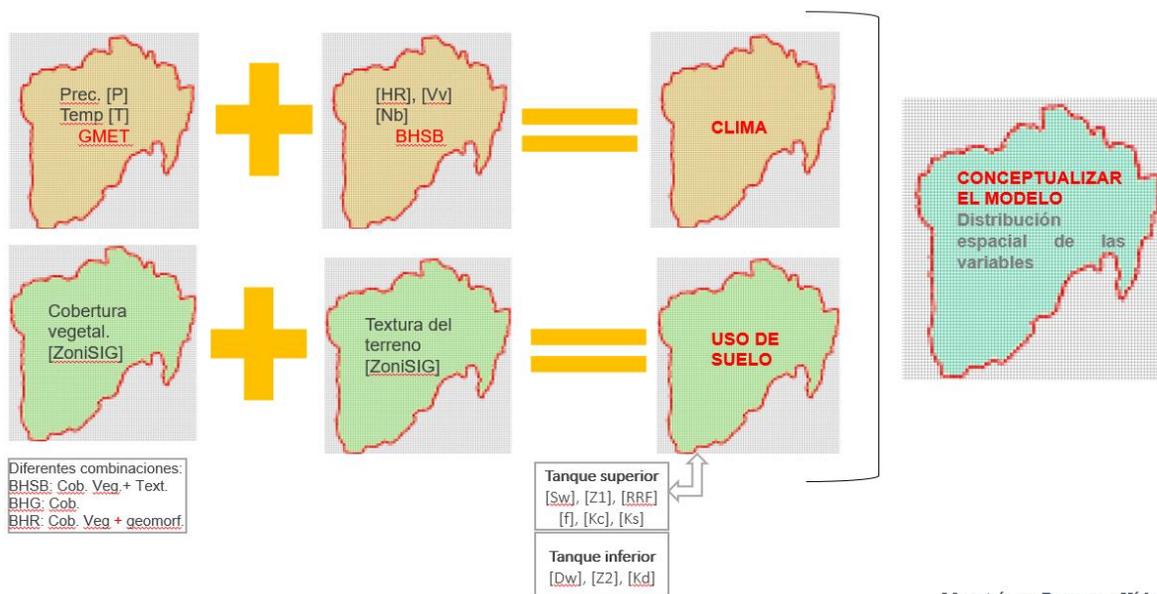


Figura 2. Archivo raster el polígono de cobertura vegetal y uso de suelos.



Maestría en Recursos Hídricos

Figura 3. Conceptualización de las variables climáticas y uso de suelos en el modelo hidrológico WEAP, cuenca alta del río Guadalquivir.

Cobertura vegetal generado		
Leyenda	Área en Argis [has]	Áreas en WEAP [has]
Agricultura_FA	175.1	176
Agricultura_FYA	10046.7	10079
Agricultura_YA	606.8	611
Bosque_FYA	490.8	498
Matorral_FA	5160.7	5204
Matorral_FY	17840.3	17936
Pasto_FA	19233.9	16977
Pasto_FY	736.9	719
Pasto_FYA	35890.4	36099
Urbano_YA	9.8	14
Vegetación Dispersa_FYA	1818.6	1856

Tabla 3. Áreas de uso de suelo caracterizadas en WEAP.

### 3.3. Caracterización de la demanda histórica de agua, agrícola y poblacional.

Para el ingreso de la demanda agrícola al modelo WEAP, provee dos metodologías: mediante el ingreso de la demanda anual y la variación mensual o bien mediante la creación de unidades hidrográficas que emplea el método del coeficiente simplificada (Abro). (MMAyA, BHSB, 2016)

La cuantificación de la demanda de agua en cultivos a secano se realiza mediante el cálculo de la

cantidad de agua perdida a través de la evapotranspiración (ETc, Penman Monteith). La ETc difiere conceptualmente, pero no en magnitud, de la necesidad de agua del cultivo, entendida como la cantidad de agua que necesita ser proporcionada al cultivo por riego o precipitación. El cálculo de la ETc sigue varios enfoques. (MMAyA, BHSB, 2016)

A partir de información de alta resolución espacial que permita identificar, digitalizar y cuantificar la superficie de las áreas de las parcelas

(Soria, 2016), la situación deseable ocurre cuando es posible el relevamiento de las características de los cultivos en cada unidad, la identificación del tipo de uso (intensivo, extensivo, cultivos anuales y otros) para su asociación con parámetros de Kc y su variabilidad estacional.

**Demanda para riego.** A nivel de todas las HRUs definidas para representar la cuenca, se ha identificado áreas de cultivo en lo que se refiere a una diversidad de tipos de cultivos. Si bien el alcance de la investigación no llega a especificar un relevamiento de campo para hacer una identificación de cada tipo de cultivo en cada comunidad dentro de la cuenca, se realiza una simplificación de las demandas de riego acumulando las áreas de cultivo y empleando información del censo agrario 2013. Para afinar el estudio se debe realizar encuestas comunales, aforos de riego, inventariado de reportes, informes y documentos que caracterizan la producción agrícola en la cuenca.

Por esta razón, se ha realizado una recopilación de información para describir la producción agrícola en la zona. La demanda es representada a través de la estimación de evapotranspiración de los cultivos y las condiciones en las cuales esta es satisfecha considerando los sistemas de irrigación presentes, los mismos no son disgregados a detalle, sino agregados a nivel de HRUs, para poder ser validado una vez que se realice encuestas comunales.

Para la estimación de la demanda de agua potable en la cuenca alta del Río Guadalquivir, se considera como sitio de demanda el agua que es destinada para el municipio de San Lorenzo y las obras de captación del Rincón de La Victoria y Erquis que derivan el caudal para un sector de ciudad de Tarija.

Si bien no existe un detalle de la información de consumo de agua en el Municipio de San Lorenzo, se cuenta con datos del censo poblacional (INE,2013) que muestra la población y su dinámica de crecimiento en relación con los censos 1976, 1992, 2001 y 2012. La dotación es también un factor que se puede extraer de NB689. Considerando estas fuentes de información sobre los usos de agua potencial, es posible estimar la de-

manda a través de lineamiento de diseño establecidos en la normativa nacional.

Finalmente, con la conceptualización de todas las variables climáticas, uso de suelos y demanda de la cuenca alta del Río Guadalquivir. Para la representación gráfica del comportamiento de la cuenca para la oferta y demanda, es importante recorrer la cuenca y conocer las diferentes obras hidráulicas que la componen y características de la demanda.

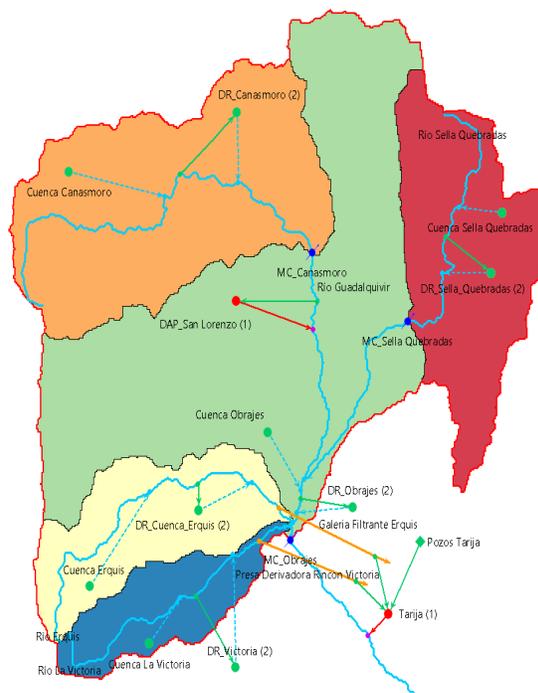


Figura 4. Esquema conceptual de la demanda de agua en la cuenca alta del río Guadalquivir.

### 3.4. Calibración del modelo hidrológico en la cuenca alta del río Guadalquivir.

La calidad de la calibración y la capacidad de predicción de un modelo hidrológico depende de la calidad de los datos, contexto y temporalidad de la información.

Mediante la conceptualización de las variables climáticas y demandas en WEAP en la cuenca alta del río Guadalquivir. El modelo hidrológico debe ser contextualizado al periodo de calibración, en lo posible contar con las demandas de agua potable y de riego en dicho periodo; una vez que logre calibrar el modelo se obtiene los valores

de los parámetros de uso de suelo que minimicen la diferencia entre los datos observados y simulados, para verificar si la calibración es adecuada se emplea el coeficiente de determinación y confiabilidad de predicción hidrológica Nash-Sutcliffe y BIAS,

El área de la cuenca de Sella Quebradas es de 148 km<sup>2</sup> que representa un 16.4% de la superficie total de la cuenca alta del Río Guadalquivir. Al comparar los caudales medios máximos tanto de Obrajes como de Sella Quebradas se evidencia que son similares y en algunos casos lo superior lo cual no tiene sentido, debido que la estación de Obrajes contempla 6.1 veces el área de aporte que la estación de Sella Quebradas, por tal motivo se descarta dicha estación para el proceso de calibración, lo que se realiza en la cuenca de Sella Quebradas es un ajuste de los caudales época de estiaje, tal análisis de ilustra en la figura 5.

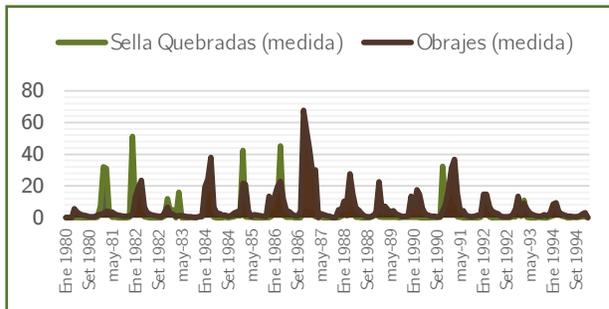


Figura 5. Comparación de caudales aforados en Sella Quebradas y Obrajes.

En cuanto a la estación de Canasmoro el registro de caudales aforados medios mensuales presentan un desplazamiento. Según los datos registrados los caudales máximos se presentan en época de estiaje por los meses de agosto y septiembre, dicho aspecto no refleja al comportamiento de la precipitación en la cuenca.

En el punto de aforo de obrajes se observa que los caudales medios máximos se presentan en la época de lluvia, y están acordes a los registros de precipitación, también presentan registros extensos y confiables y acorde al registro de precipitaciones mensuales, por tal motivo, se realiza la calibración en el periodo de 1980 y 1986 para el proceso de validación se considera los años desde 1987 al 1994.

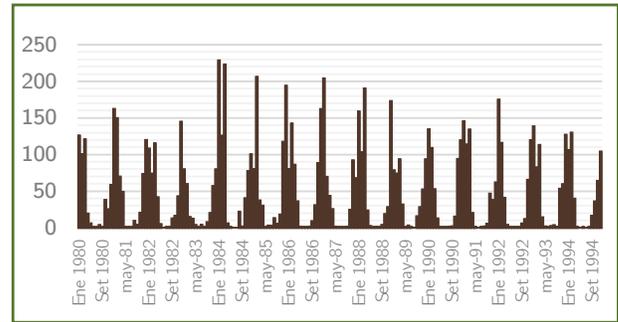


Figura 6. Registro de lluvias medias mensuales en la cuenca alta del río Guadalquivir.

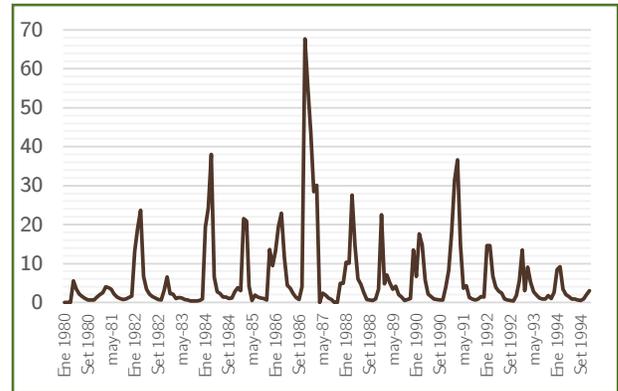


Figura 7. Registro de caudales medios mensuales en la cuenca alta del río Guadalquivir.

En las figuras 6 y 7, se evidencia un comportamiento estable que relaciona temporalmente la precipitación con respecto a los caudales medios aforados. La lluvia y caudal aforado muestran un patrón a precipitaciones máximas se produce caudales máximos y viceversa. Los caudales aforados son congruentes con las precipitaciones que se presentan en la cuenca de Obrajes

Se realiza un análisis del registro hidrométrico desde 1980 al 1994, en tal registro se aprecia que a finales del año 1986 y principios del 1987, se presenta un caudal pico que casi duplica los caudales registrados. Al comparar el caudal del año 1984 se registra un caudal de 38 m<sup>3</sup>/s en cambio el año 1986 se tiene un gasto de 68 m<sup>3</sup>/s, este fenómeno debe ir acompañado de precipitaciones extraordinarias proporcionales a los gastos. Al observar la tabla de precipitaciones se aprecia que el año que se presenta mayor precipitación es 1984, es decir el pico de los caudales deben ser próximos a dicho extremo. Una particularidad el caudal máximo de 1986 se presenta en el mes de noviembre que inicia el periodo húmedo; para generar tal pico de caudal mensual se debe recargar

el tanque superior o saturar el suelo, o que las precipitaciones sean extremas para que se registre dicho caudal, por lo expuesto se descarta dichos aforos, del año 1986 y 1987.

La calibración y validación del modelo se desarrolla con los caudales aforados en Obrajes. Durante la fase de calibración se utilizó el 46.6% de la serie histórica de caudales observados (1980-1986). Al entender el método humedad de suelo de los dos contenedores y su ecuación facilita el tanteo y la asignación de valores en los parámetros de uso de suelo. Mediante ensayo y error, considerando los rangos de la guía de BHS (Soria, 2016) se realiza el ajuste manual de los parámetros, basado en la dinámica del modelo, la calidad de la información y la escala de los procesos naturales de la cuenca en estudio.

Una vez calibrado el modelo se procede a validar el mismo con el 46.6% de los datos de caudales observados restantes (1987 a 1994). Tanto la calibración como la validación son evaluadas con la métrica del coeficiente de determinación de Nash y BIAS, cuyo objetivo principal es establecer una correlación confiable entre los valores simulados y observados. El coeficiente determina la calidad del modelo para replicar los resultados medidos, y la proporción de variación de los resultados, que pueden explicarse por el modelo.

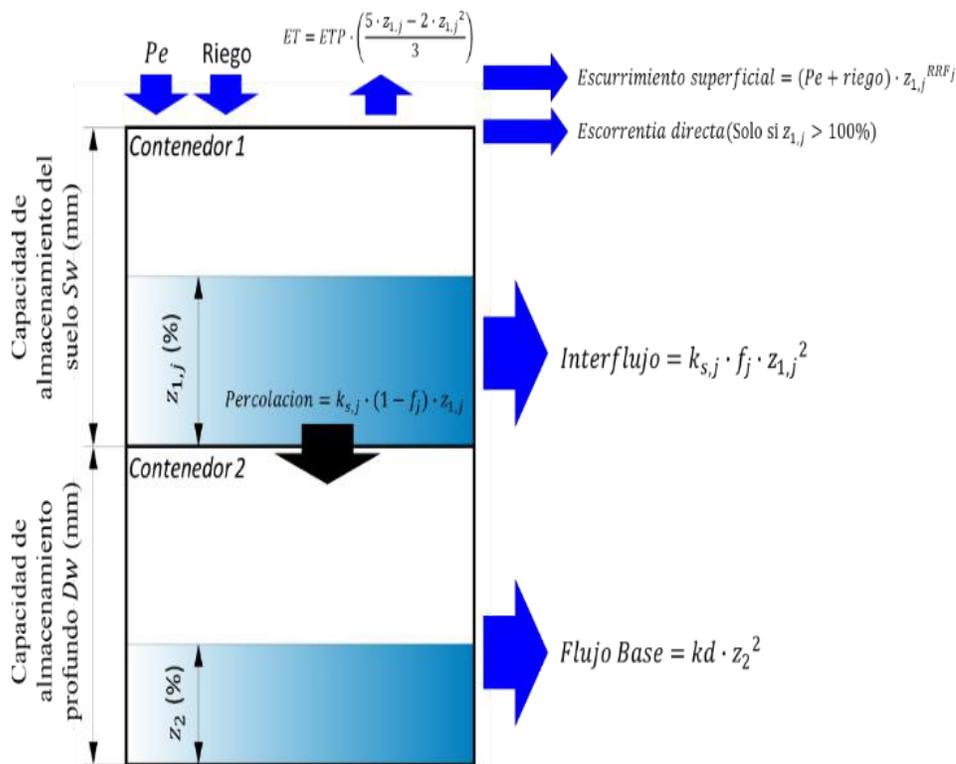


Figura 8. Elementos hidrológicos modelados en WEAP (método humedad del suelo).

### Ecuación balde superior

$$Sw_j \frac{dz_{1,j}}{dt} = Pe(t) - ET_o(t) \cdot kc_j(t) \left(\frac{5Z_{1,j} - 2Z_{1,j}^2}{3}\right) - Pe(t) \cdot Z_{1,j}^{RRF} - f_j \cdot ks_j \cdot Z_{1,j}^2 - (1 - f_j)ks_j Z_{1,j}^2$$

Cambio de humedad del suelo raíces.

Precipitación Efectiva + riego + nieve

Evapotranspiración real

Escorrentía superficial

E. subsuperficial interflujo

Percolación

Ec.1

Variable	Definición	Descripción WEAP
$k_{c,j}$ (t)	Coefficiente de cobertura vegetal en un suelo j.	Coefficiente de cultivo.
$Sw_j$	Capacidad de almacenamiento en zona de raíces.	Capacidad de agua de suelo
$RRF_j$	Es el factor de resistencia de escurrimiento para cada fracción de cobertura	Factor de resistencia a la escorrentía
$k_{s,j}$ (t)	Estimación de la conductividad en la zona de raíces saturada (mm/paso de tiempo)	Conductividad en zona radicular.
$f_j$	Coefficiente de partición o división relacionado al suelo, tipo de cobertura, y la topografía que fraccionan el agua en dos componentes, vertical y horizontal	Dirección preferencial del flujo
$Z_{1,j}$	Almacenamiento relativo dado como fracción del almacenamiento total en la zona de raíz (inicial).	Z1 inicial

Tabla 4. Definición de variables del balde superior y descripción en WEAP.

### Ecuación balde inferior

$$Dw \frac{dz_{2,j}}{dt} = (1 - f_j)ks_j Z_{1,j}^2 - kd_{2,j} \cdot Z_{2,j}^2$$



Ec. 2

$$Nash \rightarrow NC = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (Q_{s,i} - Q_{o,i})^2}{\sum_{i=1}^n (Q_{o,i} - \bar{Q}_o)^2}$$

Ec. 3

$$Bias = \frac{\bar{Q}_s - \bar{Q}_o}{\bar{Q}_o} \cdot 100$$

Ec. 4

Variable	Definición	Descripción WEAP
$Dw_j$	Capacidad de almacenamiento en zona profunda.	Capacidad agua profunda.
$kd$	Tasa de conductividad de almacenamiento inferior	Conductividad profunda
$Z_2$	Almacenamiento relativo dado como fracción del almacenamiento total en la zona de profunda.	$Z_2$ inicial

Tabla 5. Definición de variables del balde inferior y descripción en WEAP

Para establecer el grado de correspondencia entre los valores modelados y observados, existen varios indicadores de carácter estadístico, como el índice de eficiencia de Nash-Surtcliffe y el sesgo de Bias.

Donde:  $Q_{s,i}$  caudal simulado en el paso de tiempo  $i$ ,  $Q_{o,i}$  caudal observado en el paso de tiempo  $i$ ,  $Q_o$ , promedio de los caudales observados,  $n,i$  número total de pasos de tiempo,  $Q_s$ , promedio de los caudales simulados,  $Q_o$ , promedio de los caudales observados.

NC	Ajuste
< 0.2	Insuficiente
0.2 a 0.4	Satisfactorio
0.4 a 0.6	Bueno
0.6 a 0.8	Muy bueno
> 0.8	Excelente

Tabla 6. Valores referenciales del criterio de Nash - Sutcliffe.

Entre menor el porcentaje de BIAS, mejor la correspondencia de datos observados y generados, un BIAS positivo indica sobre estimación y un BIAS negativo indica subestimación de los caudales.

Es importante calibrar el modelo manualmente para comprender el comportamiento y respuesta hídrica de la cuenca, respondiendo la pregunta ¿qué ocurre si hago variar tal parámetro en el modelo? La calibración se realiza de forma iterativa apreciando la variabilidad del caudal con respecto a la modificación de cada parámetro de uso de suelo. Después de varias iteraciones se logra precisar el valor correspondiente a cada parámetro.

En el proceso de calibración se debe considerar el comportamiento del flujo base, que debe tener un comportamiento cíclico, sin ninguna tendencia. Con todas las consideraciones expuestas se llega a un mejor ajuste, y replicar las mediciones de caudales mensuales. En la figura 8, se muestra los resultados finales de calibración en el periodo mayo de 1980 a octubre de 1986.

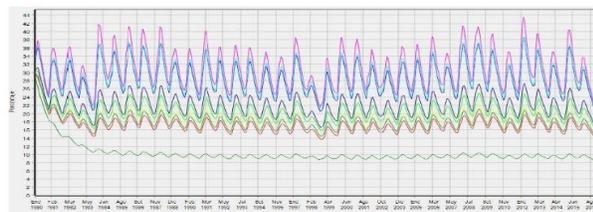


Figura 9. Flujo base en la cuenca alta del río Guadalquivir.

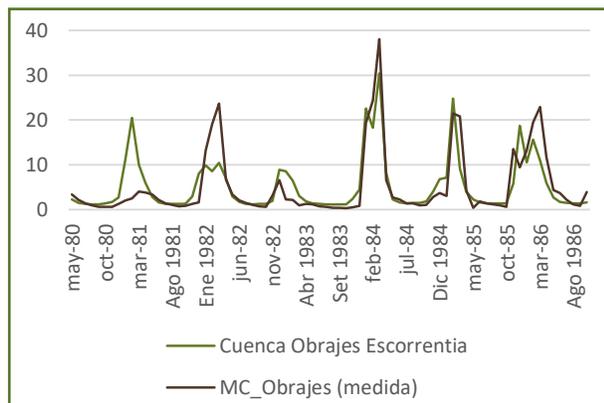


Figura 10. Hidrograma de caudales aforados y caudales simulados calibrados

En la estación hidrométrica de Obrajes se tiene un registro de caudales que se extiende para el periodo de 1980 a 1994, En la presente investigación se considera el intervalo de validez desde el año 1987 a 1994.

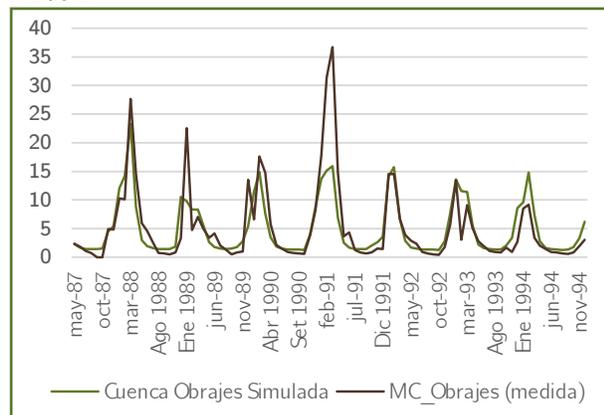


Figura 11. Hidrograma de caudales aforados caudales simulados periodo de validación.

Medidas de bondad de ajuste	Fórmulas	Valor obtenido
Nash- Sutcliffe	$NC = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (Q_{s,i} - Q_{o,i})^2}{\sum_{i=1}^n (Q_{o,i} - \bar{Q}_o)^2}$	0.64 Ajuste Muy bueno
Bias	$Bias = \frac{\bar{Q}_s - \bar{Q}_o}{\bar{Q}_o} \cdot 100$	2% Sobre estimación

Tabla 7. Medidas de bondad de ajuste para el modelo calibrado.

Los resultados obtenidos en el proceso de calibración, tanto el coeficiente de NASH como es sesgo de BIAS, presentan valores aceptables.

### 3.5. Validación del modelo hidrológico en la cuenca alta del río Guadalquivir.

En la práctica la validación verifica si el modelo calibrado tiene un desempeño adecuado en referencia a la predicción de caudales. Se aplica considerando datos de un periodo distinto al utilizado durante la calibración.

En el proceso de validación se debe contar con un registro lo suficientemente extenso; para tal propósito lo ideal es calibrar con un periodo inicial y validar con las últimas mediciones registradas

Medidas de bondad de ajuste	Fórmulas	Valor obtenido
Nash- Sutcliffe	$NC = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (Q_{s,i} - Q_{o,i})^2}{\sum_{i=1}^n (Q_{o,i} - \bar{Q}_o)^2}$	0.66 Ajuste Muy bueno
Bias	$Bias = \frac{\bar{Q}_s - \bar{Q}_o}{\bar{Q}_o} \cdot 100$	-4% Sub estimación

Tabla 8. Medidas de bondad de ajuste para el modelo calibrado. Para el proceso de validación se elige el periodo que corresponde al intervalo de 1987 a 1994; de la serie de histórica de caudales mensuales de la estación hidrométrica de obrajes, se evidencia que, para dicho periodo, se obtienen mejores métricas, estos resultados muestran que el modelo es capaz de representar la dinámica hidrológica de la cuenca, generar escenarios alternos y posibilita la planificación de recursos hídricos en la cuenca alta del río Guadalquivir.

### 3.6. Desarrollo de escenarios futuros.

Para la generación de escenarios futuros, se debe proyectar las variables cuya incidencia pueda alterar la respuesta hídrica de la cuenca. En el caso de la oferta hídrica inciden los componentes climáticos y uso de suelos, en el caso propio de la

demanda se debe contemplar principalmente la demanda de riego. En el caso de las variables climáticas se proyecta según el modelo MPI-ESM-MR, para condiciones de déficit de agua, que propone el balance hídrico superficial de Bolivia.

Un elemento principal, es inferir el modelo hidrológico a partir de la información actual, es prever el funcionamiento futuro de obras de gran envergadura como presas, atajados, sistemas de riego, agua potable. En el caso de la proyección se considera que las presas Rumi Cancha, Pajchani y Huacata operan según el diseño que fue concebido. Para conceptualizar los embalses se sigue el siguiente proceso:

- ⊙ Año de inicio u operación del embalse.
- ⊙ Capacidad de almacenamiento.
- ⊙ Curva de elevación, relación entre el volumen y elevación del reservorio.
- ⊙ Evaporación neta, es igual a la evaporación menos la precipitación promedio del embalse.
- ⊙ Máximo efluente hidráulico, se refiere al caudal saliente de la obra de toma.
- ⊙ Pérdidas de agua subterránea, la tratarse de material rocoso la infiltración será mínima.
- ⊙ Volumen observado, volumen de almacenamiento generado en el embalse.
- ⊙ Volumen inactivo o muerto.

El cambio climático, genera variación en la temperatura global que afecta a la precipitación y al ciclo hidrológico. El esquema hidrológico en WEAP se muestra.

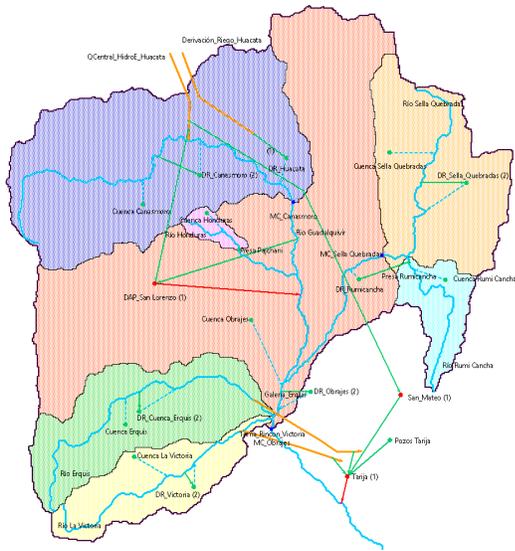


Figura 12. Modelo hidrológico para escenarios futuros.

### 3.7. Incidencia del cambio climático en los caudales mensuales.

Al generar la proyección de caudales mensuales en la cuenca alta del Río Guadalquivir, se proyecta para un contexto de déficit hídrico en condiciones secas, donde se utiliza la proyección de precipitación y temperatura que propone el Balance hídrico superficial de Bolivia (MPI-ESM-MR), las variables climáticas humedad relativa, velocidad de viento y nubosidad se mantienen cíclicas hasta el año de análisis. En cuanto a la combinación cobertura vegetal y textura se mantiene invariante para el paso de tiempo. Los resultados que se obtienen se muestran.



Figura 13. Simulación de caudales medios futuros para la cuenca alta del río Guadalquivir.

En la figura se aprecia que los caudales mensuales de la cuenca alta del Río Guadalquivir en el periodo de 1980 a 2020 presenta una leve tendencia a reducir. En cambio, la proyección en el periodo del déficit hídrico 2020 a 2050 presenta una disminución en el caudal mensual.

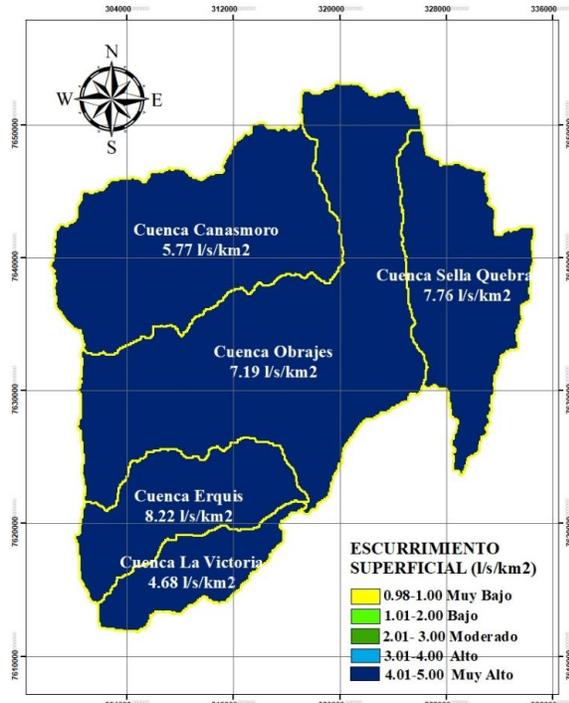


Figura 14. Caudal unitario para cada catchment periodo 1980 – 2016.

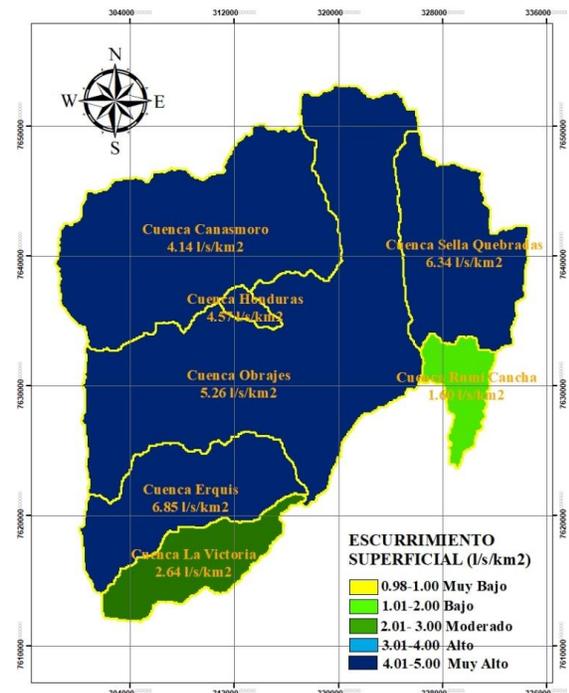


Figura 15. Caudal unitario para cada catchment periodo 2020 a 2050.

Promedio de los caudales mensuales periodo 1980 a 2016 es 5.15m³/s. El promedio de los caudales del periodo 2017 a 2050, es 3.94m³/s. existiendo una disminución del caudal del 23.46%.

### 3.8. Índice de escasez para un evento extremo seco.

El índice de escasez corresponde a la relación porcentual entre la demanda y la oferta de agua.

Donde:  $I_e$ : índice de escasez (%),  $Dh$  Demanda hídrica (m<sup>3</sup>/s),  $Oh$  promedio de los caudales observados,  $Fr$ : Factor de reducción por calidad de agua y caudal ecológico.

$$I_e = \frac{Dh}{Oh} \cdot Fr \cdot 100$$

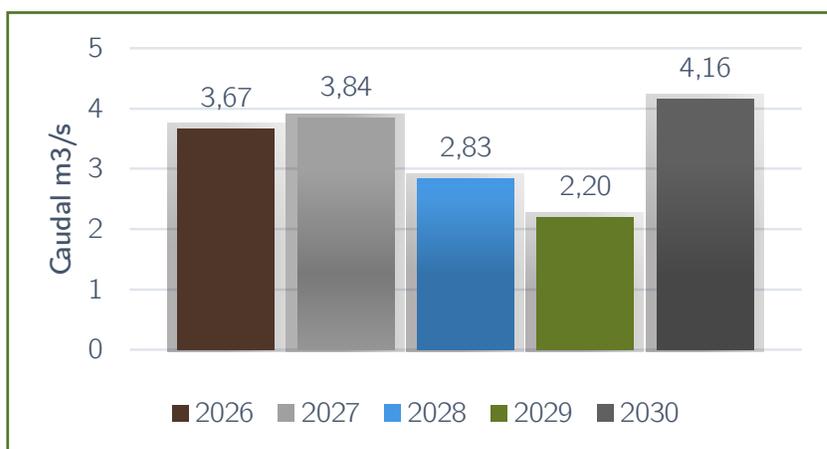


Figura 15. Simulación de caudales medios futuros.

Al analizar situaciones extremas condiciones secas, se aprecia el año que presenta el menor gasto de la serie histórica proyectada; año es el 2029 el caudal es 2.20m<sup>3</sup>/s (promedio multianual).

Año	Demanda (m <sup>3</sup> /s)	Oferta (m <sup>3</sup> /s)	Índice de escases	Categoría
2029	21.55	26.39	82%	Demanda alta
2030	19.73	49.94	40%	Demanda apreciable
2031	20.78	48.28	43%	Demanda apreciable
2032	21.28	43.30	49%	Demanda apreciable
2033	19.73	63.76	31%	Demanda apreciable
2034	20.39	56.14	36%	Demanda apreciable
2035	25.26	33.86	75%	Demanda alta

Tabla 9. Índice de escasez condiciones secas periodo 2029 - 2035.

La cuenca alta del Río Guadalquivir por efecto de sus ríos tributarios tiene mediana disponibilidad de agua, teniendo alta demanda de consumo de agua para riego y otros usos. La categoría medio alta del índice de escasez señala que en la cuenca presenta déficit hídrico; es un problema presente sobre todo en la época seca, por lo que se enfrenta serios problemas tales como la sequía que condiciona a los productores mantener sus procesos de producción en sistemas a secano. El déficit hídrico o las limitaciones se extienden también para otros usos, tales como el consumo humano y los animales.

### 3.9. Análisis de estrategias que compensen los efectos del déficit hídrico condiciones secas.

Al examinar la proyección futura 2020 a 2050, para un déficit hídrico condiciones secas, se evidencia un fenómeno adverso; los resultados de la modelación muestran que la demanda de agua en la cuenca tiende a incrementarse, y los caudales mensuales disminuyen con el paso del tiempo, al calcular el índice de escasez se constata que se encuentra en la categoría medio alto; de esta situación nace la interrogante ¿Qué se puede hacer ante tal situación?

La demanda de la cuenca presenta una tendencia normal de crecimiento, aspecto que no se puede regular, pero se puede optimizar los sistemas de distribución de agua. Para la oferta se puede generar líneas estratégicas o planes que optimicen el aprovechamiento hídrico de la cuenca alta del Río Guadalquivir.

Para ello se plantea líneas estratégicas que contribuyen como medios para sosegar los efectos del cambio climático. Que a su vez implica optimizar y garantizar la disponibilidad del agua y acceso para la vida (agua potable, riego y biodiversidad) y el desarrollo integral.

Las líneas estratégicas que se plantean para optimizar el aprovechamiento hídrico de la cuenca alta del Río Guadalquivir son:

- ⦿ Gestión de riego, disponibilidad de agua para riego y desarrollo integral.
- ⦿ Gestión de la calidad hídrica y resiliencia de los sistemas de vida.

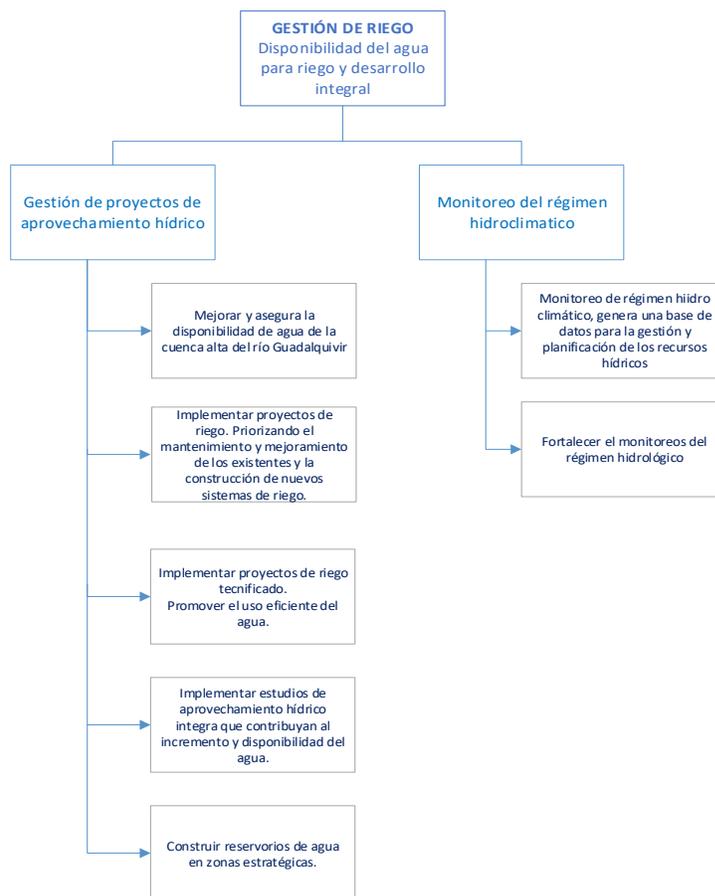


Figura 16. Líneas de acción y acciones específicas de la estrategia “Disponibilidad de agua para riego y desarrollo integral”.

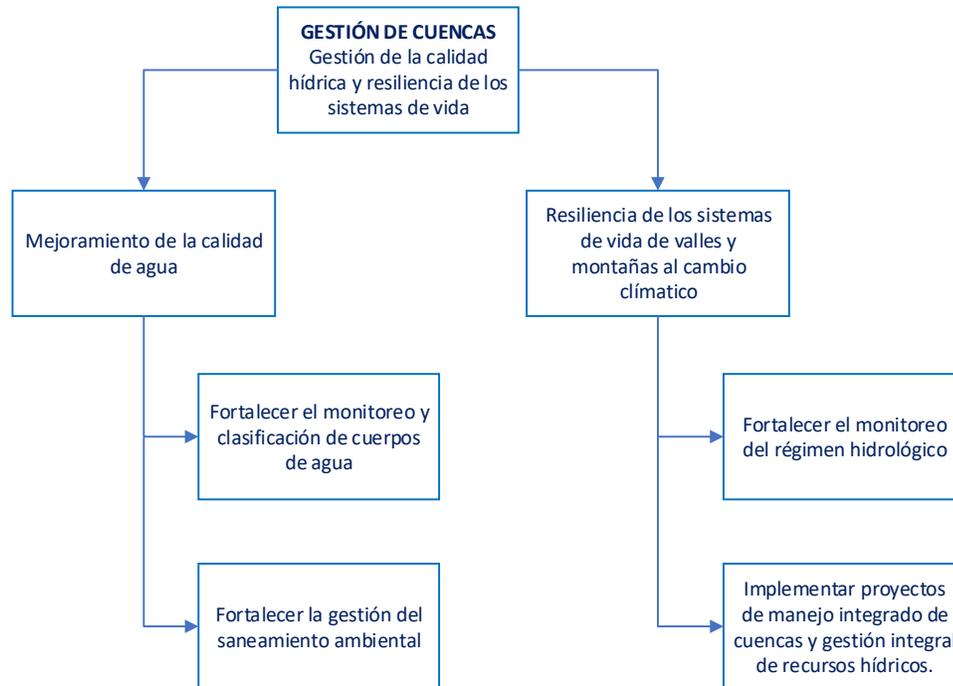


Figura 17. Líneas de acción y acciones específicas de la estrategia “Gestión de la calidad hídrica y resiliencia de los sistemas de vida”.

## 4. Discusión

Para el desarrollo del modelo hidrológico es importante conocer las características de la cuenca alta del Río Guadalquivir a cabalidad, considerando, en el caso de la oferta las variables climáticas, uso de suelo; en el caso de la oferta considerar las presas, obras de tomas, sistemas de agua potable y riego, derivaciones.

Otro elemento sustancial para lograr un buen modelado es conocer a cabalidad la ecuación del método humedad de suelo, y que representa cada término, tanto del tanque superior como inferior. El modelador debe adaptarse a la información disponible, realizar una revisión documental detallada, luego, debe validar la información recabada. El proceso de selección de datos y validación es sustancial porque de ello depende la proximidad del modelo hidrológico a la realidad sea esta presente o futura.

El proceso de calibración se realiza de forma manual para conocer el comportamiento de los parámetros del tanque superior e inferior, método humedad de suelo. De esta forma, dependiendo de la serie de caudales que se requiera mejorar, se debe ajustar el o los parámetros correspondientes. Una vez se han ajustado los factores de calibración necesarios, se realiza la comparación de los caudales modelados

con los registros históricos de estaciones de aforo de caudales de la zona. Para establecer el grado de correspondencia entre los valores observados y los valores modelados utilizan el índice de eficiencia de Nash-Sutcliffe y el sesgo Bias.

El proceso de validación, se obtiene métricas aceptables; tanto para el coeficiente de NASH y BIAS, indicando que el modelado se adecua en el transcurso del tiempo.

Para proyectar escenarios alternos, se debe reducir la incertidumbre, partiendo de información disponible, inferir en eventos que tienen mayor probabilidad de acontecer, en el periodo de tiempo analizado. En el caso del estudio se considera la variación de la precipitación y temperatura en condiciones de déficit hídrico, y que los reservorios operan según su diseño.

Para generar el escenario alternativo se trabaja con las proyecciones de precipitación y temperatura en condiciones secas (MPI-ESM-MR), que recomienda el balance hídrico nacional; según dicha condición de déficit hídrico, se proponen planes que mitiguen dicho escenario.

El modelo hidrológico WEAP, tiene la versatilidad de simular el escenario que se desee analizar y proponer alternativas de solución que reduzcan el impacto, pero dichos planes deben ser realizables y ajustables al contexto de la cuenca. Por tal motivo, en el presente trabajo se propone dos planes en la gestión de riego y gestión de cuenca.

Se plantea líneas de acción específicas que garantizar la disponibilidad de agua para riego y el desarrollo integral (consumo humano, riego e industria) que mitiguen el efecto del cambio climático.

**Gestión de riego:** En este contexto, se debe fortalecer el desarrollo del riego en microcuencas con déficit hídrico. Aprovechar el aporte del agua como las precipitaciones en época húmeda, que proyecte la construcción de reservorios, de tal manera que permita cosechar y almacenar el agua en épocas de lluvia, incrementando la disponibilidad de agua en épocas de estiaje que sería regulado para aumentar efectivamente el área de riego, consumo humano y generación de energía eléctrica.

La seguridad hídrica para la producción agrícola bajo riego es importante para dinamizar la economía de los agricultores, generar fuentes de trabajo en el sector agropecuario, reduciendo la pobreza y la migración, generando desarrollo y elevando la calidad de vida en los pobladores de la cuenca alta del Río Gaudalquivir. Gestión de cuencas: El Río Guadalquivir y sus principales tributarios son las principales fuentes de agua de los sistemas de riego y consumo humano, la misma se encuentra vulnerable a la contaminación por la generación de residuos sólidos y aguas residuales provenientes de las poblaciones de mayor concentración, como: Canasmoro, San Lorenzo, Tarija Cancha, El Rancho, Sella, Erquiz, La Victoria, Coimata, entre otras comunidades.

La parte alta de la cuenca del Río Guadalquivir se caracteriza por su fisiografía aluvial y terrazas a lo largo del río, otra parte está conformada por pies de montes, laderas, colinas, serranías y montañas en las que la erosión hídrica de los suelos ocurre todos los años, siendo evidente la disminución de la cobertura vegetal.

Esto significa que se ha alterado el comportamiento hídrico y ambiental de la cuenca, su capacidad de regulación ha disminuido. Asimismo, son vulnerables a los riesgos hidrológicos como los riesgos climáticos (sequías, granizadas y heladas) que se agravan por el efecto de los cambios climáticos.

El propósito de esta línea estratégica es contribuir a mejorar la calidad del agua y revitalizar las funciones hídricas y ambientales de la cuenca, conservar la capacidad de regeneración de las zonas y sistemas de vida, reducir su vulnerabilidad al cambio climático.

## 5. Bibliografía

- ▣ Andersen L. Y Mamani R. (2009). Cambio Climático en Bolivia hasta 2100: Síntesis de Costos y Oportunidades. Estudio Regional de Economía del Cambio Climático en Sudamérica.
- ▣ Cabrera, j. (2011). Calibración de modelos Hidrológicos. Universidad Nacional de Ingeniería de Perú.
- ▣ Calderón A. Paula A. (2017). Análisis de disponibilidad de recurso hídrico en la cuenca del Río Virilla (tesis de maestría). Universidad de Chile, Santiago, Chile.
- ▣ CITER, (2007). Programa de Aprovechamiento de los Recursos Hídricos del Departamento de Tarija. OTN-PB.
- ▣ Coponariño (2009). Índice de escasez de agua superficial cuenca Río pasto, Bogotá, Colombia.
- ▣ Dirección de conservación y planeamiento de recursos hídricos, (2010). Evaluación de recursos hídricos superficiales en la cuenca del Río Pampas. Ministerio de Agricultura de Perú.
- ▣ Duque Y. y Vázquez Zambrano R. (marzo de 2015). Modelación de la oferta hídrica en una cuenca de montaña tropical en función de su cobertura del suelo. Aqua-LAC, (7), 53-76. Recuperado de <http://www.unesco.org/>

- ❑ Escobar, M., Lima, N., Purkey D., Yates David. y Forni Laura. (septiembre de 2013). Modelación Hidrológica y Escenarios de Cambio Climático en Cuencas de Suministro de Agua de las ciudades La Paz y El Alto, Bolivia. Aqua-LAC, (5), 23-34. Recuperado de <http://www.unesco.org/>
- ❑ ESCOBAR, PURKEY, POUGET, SUAREZ, CONDOM Y RAMOS, (2008). Construcción del Modelo WEAP del Río Santa. IRD, SEI-US. Díaz Barriga, F. (2011). Taller de metodología de la investigación para Educación Superior. Editorial Limusa. México.
- ❑ Ezequiel Ander EGG. (2011). Aprender A Investigar Nociones Básicas Para La Investigación Social. Editorial Brujas. Argentina.
- ❑ Food and Agricultura Organization (2006). Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos.
- ❑ Fundación amigos de la naturaleza. (2010). Disponibilidad hídrica y demanda de agua en la cuenca Piraí: Situación actual y escenario de cambio climático con aplicación de SWAT Y WEAP. Recuperado de <http://www.fan-bo.org/>
- ❑ Guevara Castro Daniel Fernando. (2015). Propuesta para determinar la oferta hídrica neta de una cuenca contemplando escenarios extremos: caso de estudio microcuenca del Río Upín (tesis de maestría). Universidad Católica, Bogotá, Colombia.
- ❑ Hervis, G., Lopez, T., Vargas, R., Rolón, J. y Sanchez, G. (2018). Aplicación del modelo WEAP para la planeación hidrológica de la cuenca San Diego, Pinar del Río, Cuba. Recuperado de <http://www.researchgate.net/publication/320776369>.
- ❑ Instituto de Hidráulica e Hidrología. (2005). Balance hídrico superficial de la cuenca alta del Río Pilcomayo. La Paz, Bolivia.
- ❑ Instituto Nacional de Estadística (diciembre, 2013). Censo Agropecuario. La Paz, Bolivia.
- ❑ Instituto Nacional de Estadística (febrero 2015). Censo de población y vivienda 2012. La Paz, Bolivia.
- ❑ Juan C., (2011). Calibración de modelos Hidrológicos. Universidad Nacional de Ingeniería.
- ❑ Labrador A., Zuñiga J. y Romero J. (2016). Desarrollo de un modelo para la planificación integral del recurso hídrico en la cuenca hidrográfica del Río Aipe. Revista Ingeniería y Región, 15 (1), 23-35. doi: <https://doi.org/10.25054/22161325.1176>
- ❑ Leodán A. O., Guillermo V. y Guillermo B. (2007). Estimación de la oferta hídrica con información escasa en ecosistemas estratégicos. Revista Facultativa Agronómica, Medellín, Colombia.
- ❑ Menacho León Juan Williams (2017). Estudio de balance hídrico con modelamiento WEAP en la cuenca Alta del Río Pativilca. Asegurando el Agua y los Medios de Vida en la Montaña, Chiquian, Bolognesi, Perú.
- ❑ Nicolás Ciancaglini, Guía para la determinación de textura de suelos por método organoléptico.
- ❑ Norma Lili Castro Giraldo. (2014). Implementación del sistema de modelación WEAP como herramienta para la gestión integral del recurso hídrico en la vereda la bella (tesis de grado). Universidad Tecnológica Pereira, Pereira, Colombia.

- Parra Ullaury Alejandra Mayra. (2016). Implementar el sistema de modelación WEAP como herramienta que determine el impacto del cambio climático sobre la disponibilidad del agua en la cuenca del Río Machángara (tesis de grado). Universidad de Cuenca, Cuenca, Ecuador.
- Senamhi (2011). Cartilla técnica Ciclo hidrológico. Lima, Perú.
- Servicio Nacional de Estudios Territoriales. (2005). Balance hídrico integrado y dinámico en el Salvador. San Salvador.
- Plan Nacional de Regadíos (2008).
- Ruiz, L., Delgado, J., Cortés, M., y Rueda, O. (marzo de 2015). Efecto de medidas de adaptación basada en ecosistemas sobre métricas hidrológicas considerando cambio climático: Río Nechí. Aqua-LAC, (8), 21-33. Recuperado de <http://www.unesco.org/>

# ARTÍCULO 7

Recibido: 9/5/2022  
Aprobado: 9/6/2022

# Obtención de hongo comestible seco en polvo

*Obtaining dry edible mushroom powder*

Wilfredo Lopez Sanguino <sup>1</sup>, Erick Ramírez Ruiz <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Estudiante. Carrera de Ingeniería de Alimentos. Facultad Ciencias y Tecnología, UAJMS.

<sup>2</sup> Docente. Carrera de Ingeniería de Alimentos. Facultad Ciencias y Tecnología, UAJMS.

Correspondencia del autor(es): [lopezwilfredo83@gmail.com](mailto:lopezwilfredo83@gmail.com)<sup>1</sup>, [erickramirezruiz@yahoo.com.ar](mailto:erickramirezruiz@yahoo.com.ar)<sup>2</sup>

## Resumen

El presente trabajo experimental fue realizado en el Laboratorio Taller de Alimentos dependiente de la carrera de Ingeniería de Alimentos de la Universidad Autónoma "Juan Misael Saracho" y tiene el propósito de realizar la investigación experimental para la obtención de hongo comestible seco en polvo aplicando el método de secado por aire caliente con la finalidad de obtener un producto de calidad nutricional para la población Tarijeña.

Para tal efecto, durante la experimentación se requiere como materia prima al hongo comestible "Pleurotus Ostreatus" proveniente del barrio Aranjuez de la provincia cercado de la ciudad de Tarija. Posteriormente aplicar el proceso de elaboración que consiste: lavar y acondicionar el hongo comestible, troceado, pretratamiento y escurrido, secado, enfriamiento, molienda y tamizado del producto final.

El análisis fisicoquímico y microbiológico de la materia prima CEANID indica los siguientes resultados: ceniza total 1,03%; humedad 92,17%; grasa 0,24%; proteína 3,66%; hidratos de carbono 8,04%; fibra 0,53%; fosforo 82,4 mg/100g de muestra, valor energético 48,96 Kcal/100 g Coliformes totales 1,0x10<sup>1</sup> UFC/g; Escherichia coli 1,0x10<sup>1</sup> UFC/g; Mohos y levaduras 1,9x10<sup>5</sup> UFC/g.

Para elegir el pretratamiento en las muestras troceadas del hongo comestible (W03), se realizó cuatro grupos de pruebas preliminares con diferentes tipos de soluciones a diferen-

tes concentraciones, cada grupo se dividido en 4 muestras de diferentes concentraciones (0,1-1) %, estos fueron evaluados subjetivamente por personas no entrenadas que calificaron los atributos color y apariencia en la escala hedónica, con el objetivo de conocer la muestra de mayor aceptación. Así mismo las muestras elegidas de cada grupo fueron aplicadas a una evaluación sensorial con 16 jueces no entrenados.

Se efectuó el diseño factorial de 2<sup>3</sup>, para muestras con pretratamiento (W03) y sin pretratamiento (W04) para las variables de temperatura de secado (45-55) °C, tipo de corte (0,5-1) cm, velocidad del aire (3-6) m/s a ser analizadas y controladas durante el proceso de secado en función de la variable respuesta de contenido de humedad en base seca (g agua/ g solido seco).

El análisis fisicoquímico y microbiológico al producto terminado (hongo comestible seco en polvo), determinados en el CEANID indica los siguientes resultados: de humedad 2,70%; ceniza 6,88%; grasa 1,38%; proteína 26,46%; ausencia de fibra; hidratos de carbono 62,58% y valor energético 360,58 kcal/100g se tiene que Coliformes totales 6,8 x 10<sup>4</sup> UFC/g; Escherichia coli 1,0 x 10<sup>1</sup> UFC/g; Mohos y levaduras 1,9 x 10<sup>4</sup> UFC/g. Para reducir el índice de Coliformes totales, de mohos y levaduras, se puede utilizar el proceso de lavado a solución de DG6 (Piridonio Cloruro) al 1% en volumen, para tal fin se debe introducir los hongos mediante inmersión por un tiempo de 30 segundos.

## Abstract

The present experimental work was carried out in the Food Workshop Laboratory dependent on the Food Engineering career of the “Juan Misael Saracho” Autonomous University and has the purpose of conducting experimental research to obtain dry edible fungus in powder by applying the method drying by hot air in order to obtain a product of nutritional quality for the population of Tarijeña.

For this purpose, during the experimentation the edible fungus “Pleurotus Ostreatus” from the Aranjuez neighborhood of the province surrounded by the city of Tarija is required as raw material. Subsequently apply the manufacturing process that consists of washing and conditioning the edible mushroom, then chopping, pretreatment and draining, drying, cooling, grinding, sieving the final product.

The physicochemical and microbiological analysis of the CEANID raw material indicates the following results: total ash is 1.03%; humidity 92.17%; fat 0.24%; protein 3.66%; carbohydrates 8.04%; fiber 0.53%; phosphorus 82.4 mg / 100g of sample and energy value 48.96 Kcal / 100 g Total coliforms 1.0x10<sup>1</sup> CFU / g; Escherichia coli 1.0x10<sup>1</sup> CFU / g; Molds and yeasts 1.9x10<sup>5</sup> CFU / g.

To choose the pretreatment in the chopped samples of the edible fungus (W03), four groups of preliminary tests were carried out with different types of solutions at different concentrations,

**Palabras clave:** Hongo comestible, método de secado por aire caliente, trabajo experimental, diseño factorial, cinética de secado del hongo, hongo seco en polvo.

## 1. Introducción

La producción mundial de *Pleurotus Ostreatus* se ha incrementado notablemente en los últimos años. En América latina, los países como Brasil y México son donde se centra la principal producción del hongo comestible, seguida por los países de Colombia y Argentina; Así mismo en el año 2013, Brasil ha incrementado su cultivo produciendo 5.160,0 toneladas; por otro lado, en Mé-

each group was divided into 4 samples of different concentrations (0.1-1)%, These were subjectively evaluated by untrained people who rated the attributes of color and appearance on the hedonic scale, with the aim of knowing the most widely accepted sample. Likewise, the samples chosen from each group were applied to a sensory evaluation with 16 untrained judges.

The factorial design of 2<sup>3</sup> was carried out, for samples with pretreatment (W03) and without pretreatment (W04) for the variables of drying temperature (45-55) ° C, type of cut (0.5-1) cm, speed of the air (3-6) m / s to be analyzed and controlled during the drying process as a function of the variable response of moisture content on a dry basis (g water / g dry solid).

The physicochemical and microbiological analysis of the finished product (dry edible fungus in powder), determined in the CEANID indicates the following results: humidity 2.70%; ash 6.88%; fat 1.38%; protein 26.46%; absence of fiber; carbohydrates 62.58% and energy value 360.58 kcal / 100g, total coliforms 6.8 x 10<sup>4</sup> CFU / g; Escherichia coli 1.0 x 10<sup>1</sup> CFU / g; Molds and yeasts 1.9 x 10<sup>4</sup> CFU / g. To reduce the total coliform, mold and yeast index, the washing process can be used with a solution of DG6 (Pyridonium Chloride) at 1% by volume, for this purpose the fungi must be introduced by immersion for a time of 30 seconds.

**Key words:** Edible mushroom, hot air drying method, experimental work, factorial design, fungus drying kinetics, dried mushroom powder.

xico la producción en el año 2014 fue de 3.000,0 toneladas. Existe el interés de producir hongos comestibles en casi todos los países de América Latina, debido a sus cualidades nutritivas, organolépticas, nutracéuticas y biotecnológicas. (Sanchez & Royse, 2017)

En Bolivia el consumo de hongos comestibles va en aumento, pero aún se desconocen por parte de

la población en general, los hongos cultivados y demandados por la sociedad boliviana son: Pleurotus ostreatus, Agaricus bisporus conocido como champiñón de parís y el portobello, los cuales son distribuidos por empresas como Champibol en la ciudad de Santa Cruz, Avignon S.R.L en Cochabamba y en La Paz por la marca Stewart. (Melgarejo, 2015)

En Tarija, una empresa no gubernamental “Missetas” se dedica a la producción de cuatro especies de hongos comestibles “Pleurotus Ostreatus conocido como hongo ostra, champiñón de parís, portobello y hongo sol. La especie cultivada en mayor cantidad es el hongo comestible Pleurotus Ostreatus, por tanto, la producción en el año 2018 fue de 200 kg/mes, actualmente se produce 300 kg/mes, y la meta a mediano plazo es 450 kg/mes. (Maldonado, 2020)

Actualmente el consumo de hongo comestible a nivel nacional es de gran demanda por sus características nutricionales, pero debido a que el producto es sumamente perecedero y de fácil descomposición requiere transformación de la materia prima para su conservación y distribución en el mercado. (Maldonado, 2020)

## 2. Materiales y método

### 2.1. Materiales

Se utilizó como materia prima el hongo comestible “Pleurotus Ostreatus”. Los insumos alimentarios: ácido cítrico, ácido ascórbico y meta bisulfito de potasio. En cuanto a equipos de laboratorio se utilizó secador a bandejas, molino analítico, tamizador vibratorio y selladora eléctrica; entre los instrumentos se utilizó dos balanzas analíticas, anemómetro digital termo-higrómetro digital y entre los instrumentos de laboratorio fueron un vernier manual, mortero, termómetro de sonda y envases de polipropileno.

### 2.2. Metodología

En la Figura 1, se describe el proceso experimental para la obtención de hongo comestible seco en polvo.

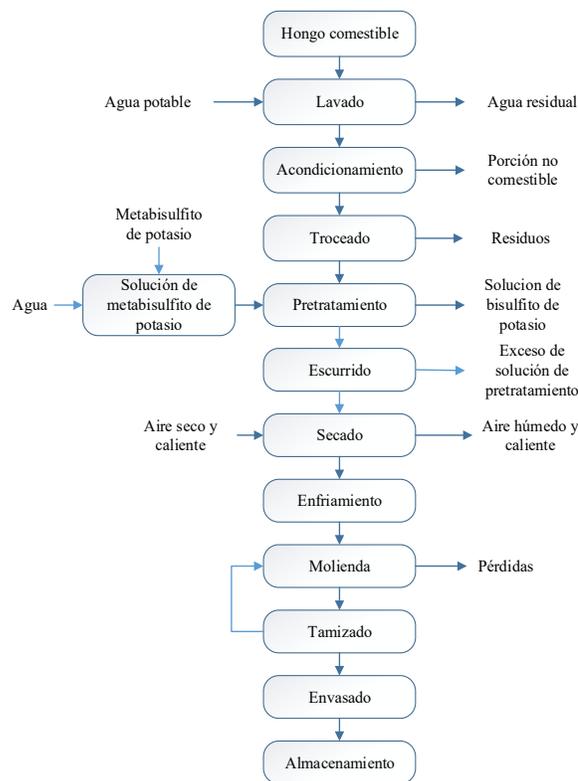


Figura 1. Diagrama para el proceso de obtención de hongo comestible seco en polvo

#### 2.2.1. Lavado

El proceso de lavado consiste en colocar las muestras del hongo comestible en una fuente de acero inoxidable en el cual, se efectuó el lavado con immersiones en agua potable con el fin de eliminar tierras y otras partículas extrañas que están contenidas en el pie del hongo comestible.

#### 2.2.2. Acondicionamiento

Después del lavado de las muestras del hongo comestible, se procedió a realizar el acondicionamiento que consistió en separar la porción comestible (sombbrero y pie) y no comestible (pie con restos de partículas extrañas) con ayuda de un cuchillo de acero inoxidable con el fin de facilitar el proceso de troceado.

### 2.2.3. Troceado

Una vez acondicionada la materia prima, se procedió con el troceado de la porción comestible de las muestras del hongo con el fin de facilitar la etapa de secado, esta etapa se realizó de forma manual y con ayuda de un cuchillo de acero inoxidable donde se realizó dos tipos de corte entre 0,5 y 1,0 cm.

### 2.2.4. Pretratamiento

El pretratamiento se realizó con la finalidad de evitar el pardeamiento de las muestras de la porción comestible del hongo durante la etapa de secado, el cual consistió en preparar soluciones con metabisulfito de potasio, ácido cítrico y ácido ascórbico en diferentes concentraciones (1,0%; 0,5%; 0,3%, 0,1%), una vez preparada las soluciones, las muestras fueron introducidas mediante inmersión por un tiempo de 3 minutos para los diferentes tratamientos.

### 2.2.5. Escurrido

Después de la etapa de pretratamiento se procedió a escurrir las muestras de porción comestible del hongo, colocándolas sobre la bandeja de malla plástica, con el fin de eliminar el exceso de solución del tratamiento químico y reducir el tiempo de secado de las muestras.

### 2.2.6. Secado

En el proceso de secado de las muestras de la porción comestible del hongo, en primer lugar, se realizó el ajuste de las condiciones de trabajo en el secador a bandejas, que consiste en poner en funcionamiento el equipo y se lo dejó calentar por un tiempo (30-40) minutos hasta que alcance la temperatura de trabajo de las condiciones de secado entre 45 a 55°C. Subsiguientemente, se procede a ajustar en el generador de aire las condiciones de velocidad del aire en el conducto de entrada del secador entre 3 a 6 m/s, la cual se determinó con ayuda de un anemómetro digital.

Para determinar de pérdida de peso en función del tiempo de las muestras del hongo comestible, se armó un equipo (bandeja, balanza digital, soporte metálico), de modo que el soporte formo la base sobre el secador en el cual se ubicó la

balanza digital. Posteriormente, se realizó una conexión por el conducto de salida del aire entre la balanza analítica y la bandeja milimétrica de 14 x 14 cm la cual estaba ubicada en la cabina del secador, evitando el rozamiento con las paredes del tubo metálico.

Después de ajustar las condiciones para el proceso de secado, se procedió a introducir las muestras de porción comestible del hongo en la bandeja milimétrica que se encuentra dentro de la cámara de secado y la determinación de variación de pérdida del peso se registró cada 20 minutos hasta peso constante con lectura directa a la balanza digital.

### 2.2.7. Enfriamiento

Terminado de secar las muestras del hongo comestible, se procedió a enfriar las muestras en las mismas bandejas a temperatura ambiente entre 20 a 25 °C, luego se envasa en bolsas de polipropileno (9 cm alto y 6 cm de ancho) con el fin de que no absorba humedad del ambiente.

### 2.2.8. Molienda

Una vez terminado el proceso de enfriado, se procedió a triturar las muestras secas de la porción comestible del hongo en un mortero con la finalidad de facilitar el proceso de molienda; Posteriormente, se procedió a introducir las muestras al molino analítico con el fin de reducir el tamaño y homogenizar las muestras hasta una granulometría de 0,25 mm

### 2.2.9. Tamizado

Terminado la molienda, se procedió a tamizar la muestra obtenida del hongo comestible seco en polvo y el cual se realizó con un tamizador vibratorio eléctrico con aberturas de malla de: 0,50 m/m y 0,25m/m en la serie Tyler, con la finalidad de obtener en polvo el producto. El tiempo utilizado para realizar la etapa fue de 25 minutos y una velocidad de 2500 r.p.m.

### 2.2.10. Envasado

El proceso de envasado consiste en colocar el producto seco en polvo en bolsas de polipropileno, las cuales fueron desinfectadas previamente con

alcohol, posteriormente se realizó el sellado de las bolsas con ayuda de la selladora eléctrica con el fin de evitar la contaminación ambiental (polvo, insectos) y proteger de la humedad al producto terminado.

### 2.2.11. Almacenamiento

El almacenamiento, se realizó en un lugar oscuro con condiciones ambientales normales entre 15 a 30°C.

## 3. Metodología utilizada para la obtención de resultados

### 3.1. Análisis fisicoquímico

En la Tabla 1, se muestran los análisis fisicoquímicos de la materia prima y producto terminado realizado en el Centro de Análisis Investigación y Desarrollo (CEANID); perteneciente a la U.A.J.M.S.

Parámetros	Unidades	Métodos
Humedad	%	Gravimétrico
Fibra	%	Gravimétrico
Proteína total	%	Gravimétrico
Hidratos de carbono	%	Cálculo
Grasa	%	Gravimétrico
Cenizas	%	Gravimétrico
Valor energético	Kcal/100g	Cálculo

Tabla 1 Análisis fisicoquímicos de la materia prima y producto final  
Fuente: CEANID, 2021

### 3.2. Análisis microbiológico

En la Tabla 2, se muestran los análisis microbiológicos de la materia prima y producto terminado realizado en el “CEANID”; perteneciente a la U.A.J.M.S.

Parámetros	Unidad	Normas
Mohos y levaduras	ufc/ml	NB 32006:03
Coliformes totales	ufc/ml	NB 32005:02
Escherichia coli	ufc/ml	NB 32005:2002

Tabla 2 Análisis microbiológicos en materia prima y producto final  
Fuente: CEANID, 2021

### 3.3. Análisis Sensorial

Se realizó el análisis sensorial (Tabla 3) para determinar el tipo de pretratamiento a utilizar durante la etapa de secado del hongo comestible troceado, la cual se realizó con 16 jueces no entrenados en la escala hedónica.

Determinación en la selección de la muestra preliminar				
Muestra	Atributo	Jueces	Escala	Test
W01	Color	16 jueces no entrenados	Hedónica	Test 1
	Apariencia		5 puntos	Anexo B
W02	Color	16 jueces no entrenados	Hedónica	Test 1
	Apariencia		5 puntos	Anexo B
W03	Color	16 jueces no entrenados	Hedónica	Test 1
	Apariencia		5 puntos	Anexo B
W04	Color	16 jueces no entrenados	Hedónica	Test 1
	Apariencia		5 puntos	Anexo B

Tabla 3 evaluación sensorial a las muestras secas del hongo comestible  
Fuente: Elaboración propia

### 3.4. Diseño experimental

Se utilizó un diseño factorial de tres niveles 23 (Montgomery, 2004) en el proceso de secado, realizando variación de los factores: temperatura, tipo de corte y velocidad del aire utilizando dos niveles de variación para cada factor (Tabla 4), teniendo como variable respuesta el contenido de humedad en base seca (g agua/ g solido seco)

Corridos	Variables			Interacciones				Respuesta
	A	B	C	AB	AC	BC	ABC	Yi
1	-	-	-	+	+	+	-	Y1
2	+	-	-	-	-	+	+	Y2
3	-	+	-	-	+	-	+	Y3
4	+	+	-	+	-	-	-	Y4
5	-	-	+	+	-	-	+	Y5
6	+	-	+	-	+	-	-	Y6
7	-	+	+	-	-	+	-	Y7
8	+	+	+	+	+	+	+	Y8

Tabla 4 Diseño factorial en el proceso de secado del hongo comestible  
Fuente: Elaboración propia

## 4. Resultados

En base a la propuesta metodológica, se procede a realizar la caracterización de los resultados a nivel experimental.

Parámetros	Valores	Unidad
Fibra	0,53	%
Proteína	3,66	%
Grasas	0,24	%
Cenizas	1,03	%
Hidratos de carbono	8,04	%
Humedad	92,17	%
Valor energético	48,96	Kcal/100g

Tabla 5 Análisis fisicoquímico del hongo comestible  
Fuente: CEANID, 2021

Se observa que el hongo comestible contiene: humedad 92,17%; cenizas 1,03%; grasa 0,24%; proteína 3,66%; fibra 0,53%; hidratos de carbono 8,04% y valor energético 48,96 Kcal/100 g.

Parámetros	Valores	Unidad
Mohos y levaduras	1,9x10 <sup>5</sup>	ufc/g
Coliformes totales	<1,0x10 <sup>1</sup> (*)	ufc/g
Escherichia coli	<1,0x10 <sup>1</sup> (*)	ufc/g

Tabla 6 Análisis microbiológico del hongo comestible  
Fuente: CEANID, 2021

Se observa que el producto contiene: Coliformes totales 1,0x10<sup>1</sup> UFC/g, Escherichia coli 1,0x10<sup>1</sup> UFC/g, mohos y levaduras 1,9x10<sup>5</sup> UFC/g.

### 4.1. Caracterización de las variables

Para la caracterización de las variables del proceso para la obtención de hongo comestible seco en polvo, se tomaron en cuenta los siguientes aspectos:

### 4.2. Pruebas preliminares para determinar el pretratamiento en las muestras del hongo comestible

En la figura 2, se muestra las pruebas preliminares realizadas durante la parte experimental, en donde se procedieron a elaborar soluciones en

diferentes concentraciones (grupo 1, grupo 2 y grupo 3) con el fin de determinar el pretratamiento a utilizar durante la etapa de secado en las muestras del hongo comestible

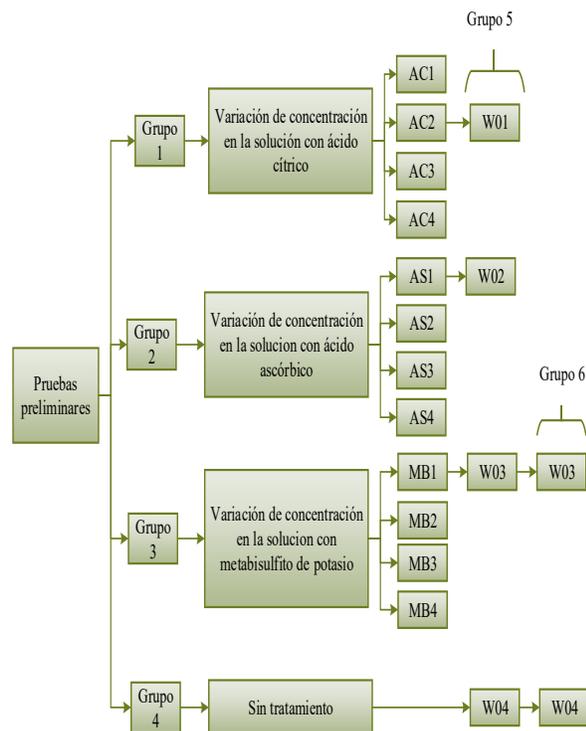


Figura 2. Pruebas preliminares para la determinación del pretratamiento

En la figura 2 se procedió a evaluar de manera subjetiva los grupos uno (soluciones con ácido cítrico), grupo dos (soluciones con ácido ascórbico), grupo tres (soluciones con metabisulfito de potasio) y grupo cuatro (sin tratamiento) por el personal del laboratorio Taller de Alimentos que evaluaron los atributos color y apariencia, se determinó que las muestras del grupo 5 mantienen el color característico del hongo y fueron las seleccionadas para realizar una posterior evaluación sensorial.

En la tabla 7, se detallan las cuatro soluciones preparadas de diferente concentración (0,1 a 1,0) % con ácido cítrico a temperatura ambiente de 25° por un tiempo de inmersión de tres minutos.

Muestra	Unidad	Valor
AC1	%	0,1
AC2	%	0,3
AC3	%	0,5
AC4	%	1,0

Tabla 7 Porcentaje de soluciones con ácido cítrico  
Fuente: Elaboración propia

En la tabla 8, se puede observar los porcentajes de las soluciones con ácido ascórbico en diferentes concentraciones (0,1 a 1) % a temperatura ambiente de 25°C, tiempo de inmersión tres minutos.

Muestra	Unidad	Valor
AS1	%	0,1
AS2	%	0,3
AS3	%	0,5
AS4	%	1,0

Tabla 8 Porcentaje de soluciones con ácido ascórbico  
Fuente: Elaboración propia

En la tabla 9, se puede observar los porcentajes de las soluciones con ácido ascórbico en diferentes concentraciones (0,1 a 1,0) % a temperatura ambiente de 25°C. tiempo de inmersión tres minutos.

Muestra	Unidad	Valor
MB1	%	0,1
MB2	%	0,3
MB3	%	0,5
MB4	%	1,0

Tabla 9 Porcentaje de soluciones con metabisulfito de potasio  
Fuente: Elaboración propia

### 4.3. Selección de muestra preliminar

En base a las muestras seleccionadas de manera objetiva por el personal del Laboratorio Taller de Alimentos en los distintos pretratamientos; se procedió a realizar los mismos pretratamientos de las cuatro muestras seleccionadas con el fin de determinar la muestra preliminar final. Por lo tanto, se realizó una evaluación sensorial utilizando 16 jueces no entrenados en la escala hedónica de cinco puntos donde las muestras seleccionadas de manera objetiva (W01, WO2 y WO3) y muestra sin ningún tipo de pretratamiento (natural) codificada como W04 fueron evaluadas en base a los atributos color y apariencia.

### 4.4. Evaluación sensorial para elegir el pretratamiento

En la figura 3 se muestran los resultados de caja y bigotes para el atributo color.

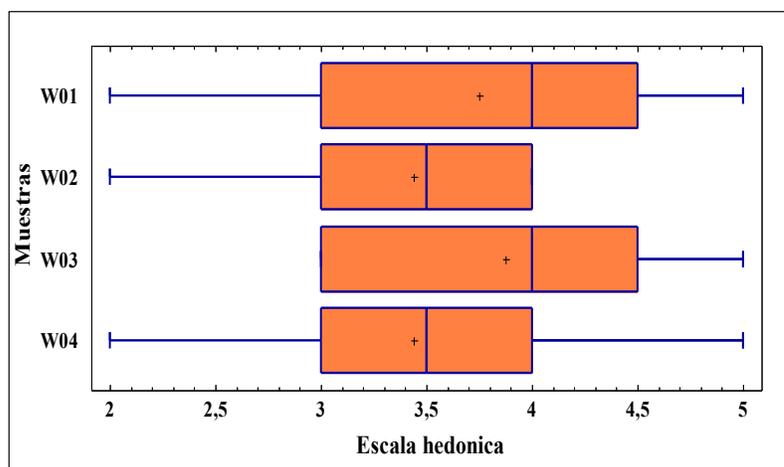


Figura 3. Caja y bigote de la evaluación sensorial del atributo color para elegir el pretratamiento

En la figura 3, se puede observar que el atributo color para la muestra W03 tiene una mediana de 3,88, situada en el segundo cuartil abarcando el 50% de los datos con una distribución simétrica, por lo tanto, tiene mayor aceptación por los jueces no entrenados, seguida por la muestra WO1 con una mediana de 3,75 la cual tiene situada en el segundo cuartil. Sin embargo, las muestras WO2 y WO4 tienen menor aceptación por los jueces con una mediana de 3,44 donde el rango de dispersión de los datos es más pequeño.

En la figura 4 se muestran los resultados de caja y bigotes para el atributo apariencia.

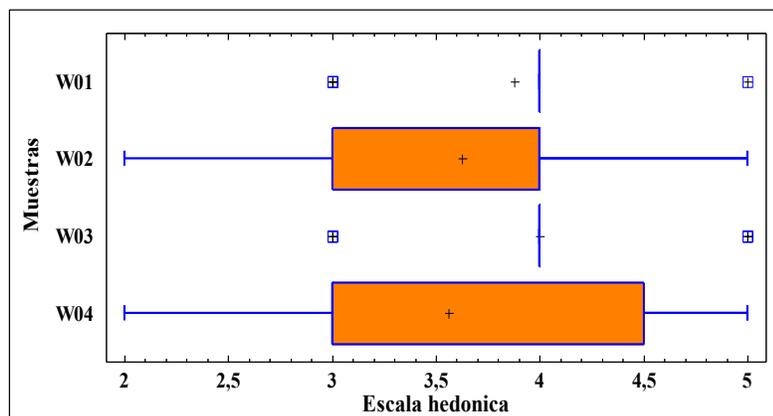


Figura 4. Caja y bigote de la evaluación sensorial del atributo color para elegir el pretratamiento

En la figura 4, se puede observar que el atributo apariencia para la muestra W03 presenta mayor mediana (4,0) abarcando el 50% de los datos que se encuentran agrupados, pero sin embargo existen dos datos atípicos, así mismo, se encuentra por encima de las medianas de las muestras W01 (3,87), W02 (3,62) y W04 (3,56).

Realizada la evaluación sensorial se procedió a elegir el pretratamiento aplicado a las muestras del hongo comestible; se demuestra estadísticamente que la muestra W03 (muestra con inmersión de metabisulfito de potasio al 0,1%), es la que mejor conserva el color característico en la etapa de secado. Por lo tanto, se procedió a tomar en cuenta como pretratamiento previo durante la obtención de hongo comestible seco en polvo; así mismo se tomó en cuenta la muestra W04 (Sin tratamiento) con la finalidad de determinar qué diferencias existen durante la etapa de secado.

#### 4.5. Diseño factorial en el proceso de secado para las muestras del hongo comestible

El análisis estadístico, se realizó en el proceso de secado, para tal efecto se tuvo en cuenta la muestra ideal (W03) y la muestra (W04) sin ningún tipo de pretratamiento las cuales se realizaron con diferentes niveles de las variables de temperatura (45 – 55) °C, tipo de corte (0,5 –1) cm y velocidad del aire (3 – 6) m/s, la variable respuesta es el contenido de humedad en base seca.

Fuente de varianza	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	Fcal	Ftab	Valor - p
A	0,00073	1	0,0007	0,118	5,318	0,741
B	0,01323	1	0,0132	2,132	5,318	0,182
C	0,01092	1	0,0109	1,761	5,318	0,221
AB	0,00585	1	0,0059	0,944	5,318	0,360
AC	0,01232	1	0,0123	1,987	5,318	0,196
BC	0,00006	1	0,0001	0,010	5,318	0,922
ACB	0,00391	1	0,0039	0,630	5,318	0,450
Error	0,04961	8	0,0062	-	-	-
Total	0,09663	15	0,0064	-	-	-

Tabla 10 Análisis de varianza en el proceso de secado del hongo comestible con pretratamiento  
Fuente: Elaboración propia

En la tabla 10 se observa que los factores: temperatura de secado (A), tipo de corte (B), velocidad aire (C) y las interacciones AB, AC, BC, y ABC no son estadísticamente significativos debido a que  $F_{calc} < F_{tab}$  para un límite de probabilidad del 95%.

En la figura 5, se muestra el diagrama de Pareto estandarizado de los factores tomados en cuenta para el diseño experimental los cuales están ordenados de mayor a menor. En consecuencia, la significancia estadística lo determina la línea vertical referencia con un valor de 2,306 y por lo tanto los factores que sobre pasan la línea corresponden a los efectos que son estadísticamente significativos a un nivel de probabilidad del 95%.

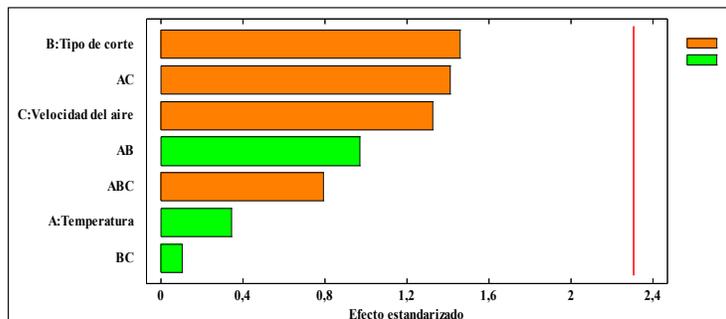


Figura 5. Diagrama de Pareto estandarizado del diseño factorial con pretratamiento

En la figura 5, se puede observar los valores absolutos de los efectos estandarizados en forma decreciente. Donde los factores: temperatura de secado (A), tipo de corte (B), velocidad del aire (C) y las interacciones temperatura de secado-velocidad del aire (AC), temperatura de secado-tipo de corte (AB), tipo de corte-velocidad del aire (BC), temperatura de secado-tipo de corte-velocidad del aire (ABC); no son estadísticamente significativos debido a que ninguna de las barras de los factores sobre pasa la línea vertical de referencia para un nivel de significancia  $\alpha=0,05$

Para la optimización de la variable respuesta, los datos fueron introducidos en el software “Statgraphics Centurión XVI” con la finalidad de optimizar las variables de la etapa de secado y los valores óptimos para minimizar contenido de humedad en base seca con pretratamiento fueron temperatura 55°C, tipo de corte 0,5 cm y velocidad 3,0 m/s.

Fuente de varianza	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	Fcal	Ftab	Valor - p
A	0,00002	1	0,00002	0,001	5,318	0,9764
B	0,02280	1	0,02280	1,329	5,318	0,2823
C	0,00156	1	0,00156	0,091	5,318	0,7707
AB	0,00497	1	0,00497	0,290	5,318	0,6051
AC	0,00810	1	0,00810	0,472	5,318	0,5114
BC	0,00108	1	0,00108	0,063	5,318	0,8074
ACB	0,00027	1	0,00027	0,016	5,318	0,9029
Error	0,13724	8	0,01716			
Total	0,17605	15	0,01170			

Tabla 11 Análisis de varianza en el proceso de secado del hongo comestible sin pretratamiento  
Fuente: Elaboración propia

En la tabla 11, se observa que los factores: temperatura de secado(A), tipo de corte (B), velocidad aire (C) y las interacciones AB, AC, BC, Y ABC no son estadísticamente significativos debido a que  $F_{calc} < F_{tab}$  para un límite de probabilidad del 95%.

En la figura 6, se muestra el diagrama de Pareto estandarizado de los factores tomados en cuenta para el diseño experimental los cuales están ordenados de mayor a menor y por lo tanto las barras que sobre pasan la línea corresponden a los efectos que son estadísticamente significativos a un nivel de confianza del 95%.

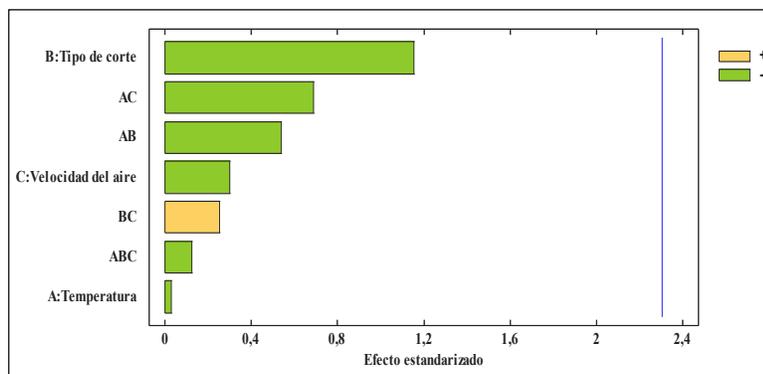


Figura 6. Diagrama de Pareto estandarizado del diseño factorial sin pretratamiento

En la figura 6, se puede observar los valores absolutos de los efectos estandarizados en forma decreciente; donde los factores: temperatura de secado (A), tipo de corte (B), velocidad del aire (C) y las interacciones temperatura de secado-velocidad del aire (AC), temperatura de secado-tipo de corte (AB), tipo de corte-velocidad del aire (BC), temperatura de secado-tipo de corte-velocidad del aire (ABC); no son estadísticamente significativos debido a que ninguno de los factores sobre pasa la línea vertical de referencia para un nivel de significancia  $\alpha=0,05$ .

Para la optimización de la variable respuesta, los datos fueron introducidos en el software “Statgraphics Centurión XVI” con la finalidad de optimizar las variables de la etapa de secado y los valores óptimos para minimizar el contenido de humedad en base seca con pretratamiento fueron temperatura 55°C, tipo de corte 1,0 cm y velocidad 6,0 m/s.

#### 4.6. Influencia del contenido de humedad en la etapa de secado de las muestras del hongo comestible

La variación del contenido de humedad se determinó a partir de la pérdida de peso que se registró durante la etapa de secado de las muestras, partiendo de un peso inicial entre 28 a 33 g del hongo comestible.

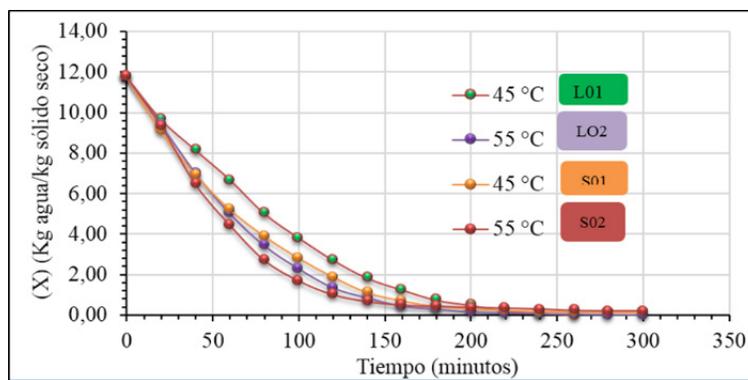


Figura 7. Variación del contenido de humedad con la temperatura, a B1 (0,5 cm) vs C1 (3 m/s)

En la figura 7, se observa que al incrementar la temperatura de 45°C (T1) a 55°C (T2) el proceso de secado se ve favorecido con el cambio de humedad final y el tiempo de secado. Así mismo, la muestras L02 y S02 aplicada en condiciones de temperatura 55°C, tipo de corte 0,5 cm y velocidad del aire 3,0 m/s se observa que para un tiempo de 200 minutos tienen pérdida de agua de 0,148 kg agua/kg sólido (L02) y 0,374 kg agua/kg sólido seco (S02). Por otro lado, las muestras L01 y S01 aplicada a condiciones de temperatura 45°C, tipo de corte 0,5 cm y velocidad del aire 3,0 m/s se observa que para un tiempo de 200 minutos tienen pérdida de agua de 0,486 kg agua/kg sólido seco (L01) y 0,318 kg agua/kg sólido seco (S01).

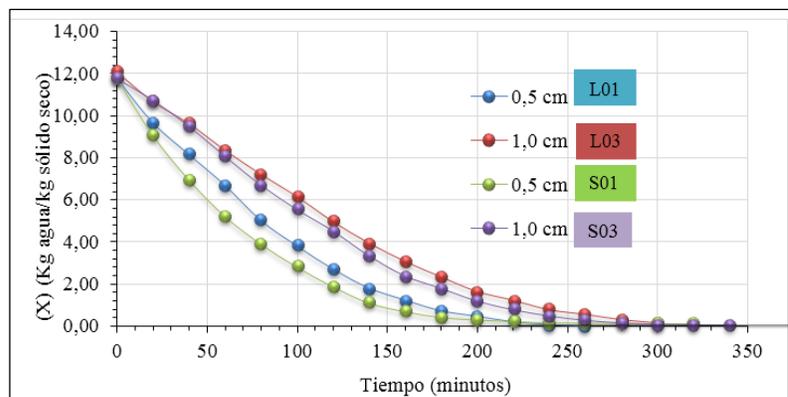


Figura 8. Variación del contenido de humedad con el tipo de corte, a A1 (45 °C) vs C1 (3 m/s)

En la figura 8, se observa que al variar el tipo de corte de 0,5 cm (B1) a 1,0 cm (B2), el tiempo de secado de las muestras aumenta debido al cambio de superficie expuesta a la corriente de aire; por lo tanto, las muestras L03 y S03 en condiciones de temperatura 45°C, tipo de corte 1,0 cm y velocidad del aire 3,0 m/s, se observan que para un tiempo de 300 minutos los contenidos de humedad son: 0,146 kg agua/kg aire seco (L03) y 0,102 kg agua/kg de aire seco (S03). Para las muestras L01 y S01 en condiciones de temperatura 45 °C, tipo de corte 0,5 cm y velocidad de aire 3,0 m/s, se observa que en un tiempo de 240 minutos tienen un contenido de humedad de 0,014 kg agua/kg aire seco (L01) y 0,164 kg agua/ kg aire seco (S01).

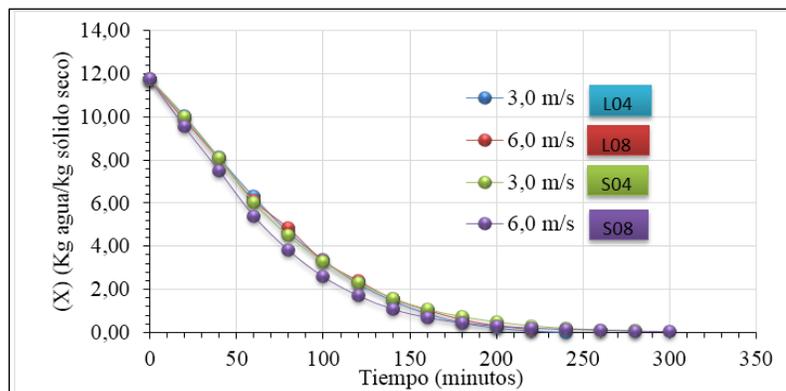


Figura 9 Variación contenido de humedad con la velocidad del aire, a A2 (55 °C) vs B2 (1,0 cm)

En la figura 9, se observa que al incrementar la velocidad del aire de 3,0 m/s (C1) a 6,0 m/s (C2), el proceso de secado se ve favorecido en la disminución del tiempo de secado y el contenido de humedad; por lo tanto, las muestras L08 y S08 en un tiempo de 220 minutos y en condiciones de temperatura 55°C, tipo de corte 1,0 cm y una velocidad del aire de 6,0 m/s, tienen un contenido de humedad final de 0,142 kg agua/kg aire seco (L08) y una pérdida de agua de 0,182 kg de agua/ kg de aire seco (S08). Así mismo las muestras L04 y S04, en un tiempo de 240 y en condiciones de temperatura 55°C, tipo de corte 1,0 cm y velocidad del aire de 3,0 m/s los contenidos de humedad son: 0,007 kg agua/kg de aire seco (L04) y 0,175 kg de agua/kg de solido seco (S04).

#### 4.7. Cinéticas de secado en la obtención de hongo comestible seco en polvo

En la tabla 12, se muestra los resultados ajustados para la cinética de secado de las muestras del hongo comestible con pretratamiento, donde la temperatura 55°C, tipo de corte fue de 1,0 cm, velocidad del aire 3,0 m/s. los resultados experimentales fueron obtenidos mediante regresión lineal por Excel (2016). Por lo tanto, las condiciones de secado fueron las siguientes:

- ⊙ Área de la bandeja: 0,020 m<sup>2</sup>

- ⊙ Cantidad de materia: 33,69 g
- ⊙ Contenido de materia seca: 2,637 g
- ⊙ Contenido de humedad: 92,17 %
- ⊙ Tiempo de secado: 5 horas

Tiempo (minutos)	Peso (g)	X (kg/kg)	X media(kg/kg)	(h)	X(kg/kg)	(kg/kg/h)	N(kg/M2h)
0	33,69	11,771					
10	32,12	11,176	11,474	0,167	0,595	3,5639	0,470
20	29,81	10,301	10,738	0,167	0,876	5,2436	0,692
30	27,62	9,470	9,885	0,167	0,830	4,9712	0,656
40	25,53	8,678	9,074	0,167	0,792	4,7442	0,626
50	23,66	7,969	8,324	0,167	0,709	4,2449	0,560
60	21,85	7,283	7,626	0,167	0,686	4,1087	0,542
70	19,89	6,540	6,912	0,167	0,743	4,4491	0,587
80	18,42	5,983	6,261	0,167	0,557	3,3369	0,440
90	16,84	5,384	5,683	0,167	0,599	3,5866	0,473
100	15,14	4,739	5,062	0,167	0,644	3,8590	0,509
110	13,56	4,140	4,440	0,167	0,599	3,5866	0,473
120	12,52	3,746	3,943	0,167	0,394	2,3608	0,311
130	11,51	3,363	3,555	0,167	0,383	2,2927	0,302
140	10,27	2,893	3,128	0,167	0,470	2,8148	0,371
150	9,36	2,548	2,721	0,167	0,345	2,0657	0,272
160	8,66	2,283	2,416	0,167	0,265	1,5890	0,210
170	8,01	2,036	2,160	0,167	0,246	1,4755	0,195
180	7,14	1,707	1,872	0,167	0,330	1,9749	0,260
190	6,53	1,475	1,591	0,167	0,231	1,3847	0,183
200	6,08	1,305	1,390	0,167	0,171	1,0215	0,135
210	5,60	1,123	1,214	0,167	0,182	1,0896	0,144
220	5,01	0,899	1,011	0,167	0,224	1,3393	0,177
230	4,62	0,751	0,825	0,167	0,148	0,8853	0,117
240	4,30	0,630	0,691	0,167	0,121	0,7264	0,096
250	4,00	0,516	0,593	0,167	0,114	0,6810	0,090
260	3,64	0,380	0,448	0,167	0,136	0,8172	0,108
270	3,40	0,289	0,334	0,167	0,091	0,5448	0,072
280	3,26	0,236	0,262	0,167	0,053	0,3178	0,042
290	3,14	0,190	0,213	0,167	0,045	0,2724	0,036
300	3,07	0,164	0,117	0,167	0,027	0,1589	0,021

Tabla 12 Variación del contenido de humedad y velocidad de secado para la obtención de hongo comestible seco en polvo con pretratamiento Fuente: Elaboración propia

Donde:

$X$  = Humedad en base seca de las muestras del hongo comestible

$\Delta X$  = Gradiente de humedad en base seca

$\Delta X / \Delta \Theta$  = Gradiente de humedad en base seca sobre el gradiente de tiempo

$X$  media = Humedad media

$N$  = Velocidad de secado

En la figura 10 se observa la curva de velocidad para las muestras del hongo comestible con tratamiento en función del contenido de humedad media de los datos obtenidos de la tabla 12.

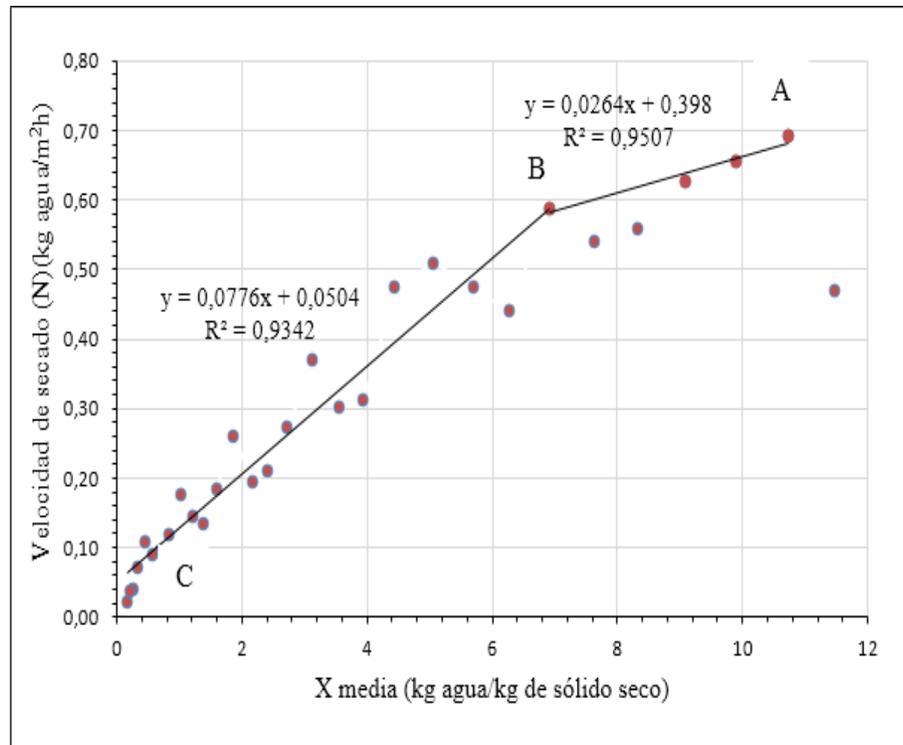


Figura 10 Cinética en el proceso de secado con pretratamiento

En la tabla 13 se muestra los resultados ajustados para la cinética de secado de las muestras del hongo comestible sin tratamiento, donde la temperatura  $55^{\circ}\text{C}$ , tipo de corte fue de 1,0 cm, velocidad del aire 3,0 m/s. los resultados experimentales fueron obtenidos mediante regresión lineal por Excel (2016).

Por lo tanto, las condiciones de secado fueron las siguientes:

Área de la bandeja:  $0,020 \text{ m}^2$

Cantidad de materia: 34,19

Contenido de humedad: 92,17 %

Contenido de materia seca: 2,677 g

Tiempo de secado: 5 horas

Tiempo (minutos)	Peso (g)	X (kg/kg)	X media(kg/kg)	(h)	X(kg/kg)	(kg/kg h)	N(kg/M2h)
0	34,19	11,771					
10	30,78	10,498	11,135	0,167	1,274	7,6274	1,021
20	27,12	9,130	9,814	0,167	1,367	8,1866	1,096
30	24,40	8,114	8,622	0,167	1,016	6,0840	0,814
40	22,66	7,464	7,789	0,167	0,650	3,8920	0,521
50	20,55	6,676	7,070	0,167	0,788	4,7196	0,632
60	18,60	5,948	6,312	0,167	0,728	4,3617	0,584
70	16,76	5,261	5,604	0,167	0,687	4,1157	0,551
80	15,47	4,779	5,020	0,167	0,482	2,8854	0,386
90	14,18	4,297	4,538	0,167	0,482	2,8854	0,386
100	12,79	3,778	4,037	0,167	0,519	3,1091	0,416
110	11,73	3,382	3,580	0,167	0,396	2,3710	0,317
120	10,88	3,064	3,223	0,167	0,318	1,9013	0,254
130	9,97	2,724	2,894	0,167	0,340	2,0355	0,272
140	9,06	2,384	2,554	0,167	0,340	2,0355	0,272
150	8,37	2,127	2,255	0,167	0,258	1,5434	0,207
160	7,87	1,940	2,033	0,167	0,187	1,1184	0,150
170	7,39	1,760	1,850	0,167	0,179	1,0737	0,144
180	6,81	1,544	1,652	0,167	0,217	1,2973	0,174
190	6,29	1,350	1,447	0,167	0,194	1,1631	0,156
200	5,99	1,238	1,294	0,167	0,112	0,6710	0,090
210	5,69	1,125	1,181	0,167	0,112	0,6710	0,090
220	5,30	0,980	1,053	0,167	0,146	0,8723	0,117
230	5,11	0,909	0,944	0,167	0,071	0,4250	0,057
240	4,92	0,838	0,873	0,167	0,071	0,4250	0,057
250	4,82	0,800	0,819	0,167	0,037	0,2237	0,030
260	4,59	0,715	0,758	0,167	0,086	0,5145	0,069
270	4,51	0,685	0,700	0,167	0,030	0,1789	0,024
280	4,47	0,670	0,677	0,167	0,015	0,0895	0,012
290	4,42	0,651	0,660	0,167	0,019	0,1118	0,015
300	4,37	0,632	0,642	0,167	0,019	0,1118	0,015

Tabla 13 Variación del contenido de humedad y velocidad de secado para la obtención de hongo comestible seco en polvo sin pretratamiento

Fuente: Elaboración propia

En la figura 11 se observa la curva de velocidad para las muestras del hongo comestible sin pretratamiento en función del contenido de humedad media de los datos obtenidos de la tabla 13.

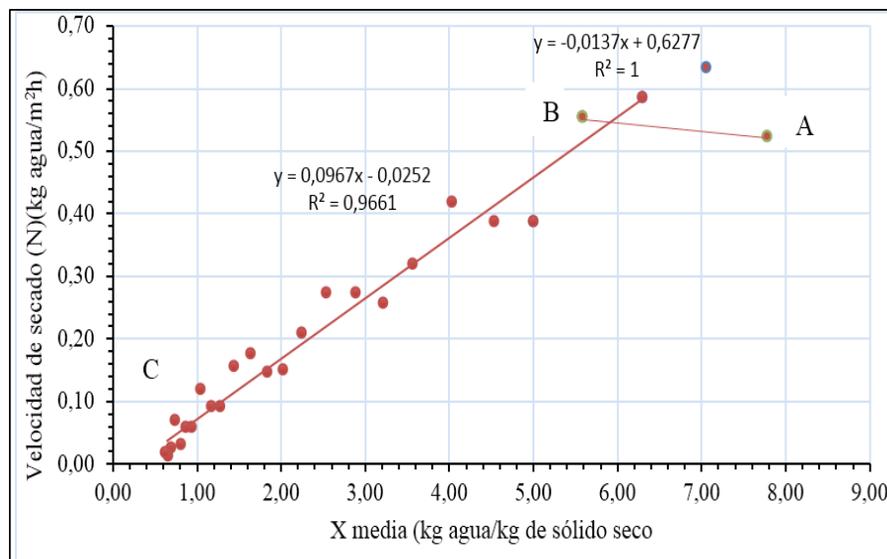


Figura 11 Cinética en el proceso de secado sin pretratamiento

Parámetros	Unidad	Resultado
Humedad	%	2,70
Ceniza	%	6,88
Grasa	%	1,38
Proteína	%	26,46
Fibra	%	0,00
Hidratos de carbono	%	62,58
Valor energético	Kcal/100g	360,58

Tabla 14 Análisis fisicoquímico del hongo comestible seco en polvo

Fuente: CEANID, 2021

Se observa que el hongo comestible seco en polvo contiene: humedad 2,70%; ceniza 6,88%; grasa 1,38%; proteína 26,46%; fibra no contiene; hidratos de carbono 62,58% y valor energético 360,58 kcal/100g.

Parámetros	Unidad	Resultado
Coliformes totales	UFC/g	6,8x104
Escherichia coli	UFC/g	1,0x101
Mohos y levaduras	UFC/g	ufc/g

Tabla 15 Análisis microbiológico del hongo comestible seco en polvo

Fuente: CEANID, 2021

Se observa que el producto terminado hongo comestible seco en polvo contiene: Coliformes totales 6,8 x 10<sup>4</sup> UFC/g; Escherichia coli 1,0 x 10<sup>1</sup> UFC/g; mohos y levaduras 1,9 x 10<sup>4</sup> UFC/g.

## 5. Discusión

De los resultados obtenidos del análisis fisicoquímico del hongo comestible se tiene que el contenido de ceniza total es de 1,03%; humedad 92,17%; grasa 0,24%; proteína 3,66%; hidratos de carbono 8,04%; fibra 0,53%; fosforo 82,40 mg/100g de muestra y valor energético 48,96 Kcal/100 g.

En base a los análisis microbiológicos del hongo comestible se tiene: Coliformes totales 1,0x10<sup>1</sup> UFC/g; *Escherichia coli* 1,0x10<sup>1</sup> UFC/g; Mohos y levaduras 1,9x10<sup>5</sup> UFC/g.

Realizada la evaluación sensorial para elegir el tipo de pretratamiento aplicado en muestras del hongo comestible, se pudo determinar que la muestra W03 tiene mayor preferencia por los jueces, la cual fue aplicada en una solución de 0,1% de metabisulfito de potasio por un tiempo de inmersión de tres minutos.

Según el diseño factorial 2<sup>3</sup> en la etapa de secado para muestras de hongo comestible con pretratamiento y sin pretratamiento, para tres variables independientes: temperatura de 45 a 55°C, tipo de corte ente 0,5 a 1,0 cm y velocidad del aire de 3,0 a 6,0 m/s; en donde la variable respuesta fue el contenido de humedad en base seca (g agua/g sólido seco); por tanto, aplicando el software “Statgraphics centurión XVI” los resultados estadísticamente no son significativos con P-valor >0,05 para los tres factores analizados.

Aplicado el diseño factorial 2<sup>3</sup> para muestras de hongo comestible con pretratamiento y sin pretratamiento se pudo comprobar estadísticamente que las variables: Temperatura (A), Tipo de corte (B), velocidad del aire (C) y las interacciones temperatura-tipo de corte (A-B), temperatura-velocidad del aire (A-C), tipo de corte-velocidad aire (B-C), temperatura-tipo de corte-velocidad aire (A-B-C); no influyen significativamente en la variable respuesta humedad.

La composición fisicoquímica obtenida del hongo comestible seco en polvo, como producto terminado, se tiene que el contenido de humedad 2,70%; ceniza 6,88%; grasa 1,38%; proteína 26,46%; ausencia de fibra; hidratos de carbono 62,58% y valor energético 360,58 kcal/100g.

El análisis microbiológico del hongo comestible seco en polvo se tiene como resultados: se tiene que Coliformes totales 6,8 x 10<sup>4</sup> UFC/g; *Escherichia coli* 1,0 x 10<sup>1</sup> UFC/g; Mohos y levaduras 1,9 x 10<sup>4</sup> UFC/g.

Para reducir el índice de Coliformes totales, de mohos y levaduras, se puede utilizar el proceso de

lavado una solución de DG6 (Piridonio Cloruro) al 1% en volumen, para tal fin se debe introducir los hongos mediante inmersión por un tiempo de 30 segundos; con el fin de garantizar la inocuidad del hongo.

## 6. Bibliografía

- ❑ CEANID. (2021) Resultados de la composición fisicoquímica y microbiológica del hongo comestible “*Pleurotus ostreatus*”. Obtenido: Centro de Análisis y Desarrollo CEANID
- ❑ CEANID. (2021) Resultados de la composición fisicoquímica y microbiológica del hongo comestible seco en polvo. Obtenido: Centro de Análisis y Desarrollo CEANID
- ❑ Codex Alimentarius. (1981). Norma General Del Codex Para Hongos Comestibles Y Sus Productos. Obtenido En <https://www.fao.org>. Codex Stan 38-1985.
- ❑ Durán, F. (2006). Manual del Ingeniero de Alimentos. Colombia: Grupo Latino Ltda.
- ❑ Ibarz, A., & Barbosa, G. (2005). Operaciones Unitarias en la Ingeniería de Alimentos. Madrid, España: Mundi-Prensa.
- ❑ LTA. (2019). UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO. Laboratorio Taller de Alimentos
- ❑ Maldonado, C. E. (26 de mayo de 2020). Mi Setas. (W. Lopez, Entrevistador)
- ❑ Montgomery, D. (2004). Diseño y análisis de experimentos. México: Limusa Wiley.
- ❑ Melgarejo, E. (2015). “Algunos Usos De Los Hongos Silvestres De Bolivia En El Contexto Sudamericano”. (trabajo de investigación). Universidad Mayor de San Simón, Cochabamba, Bolivia.

- Ureña, P. M. (1999). “Análisis sensorial de alimentos Metodos y aplicaciones”. En U. P. Milber, & D. H. Matilde, Introduccion al analisis sensorial de alimentos. Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Sánchez, J. E., & Royse, D. J. (2017). La biología, el cultivo y las propiedades nutricionales de las setas *Pleurotus Spp.* San Cristóbal de Las Casas, Chiapas,- Mexico: El Colegio de la Frontera Sur
- Singh, P., & Heldman, D. (2009). Introducción a la ingeniería de los alimentos (Segunda ed.). Zaragoza: Acribia, S.A.

# ARTÍCULO 8

Recibido: 5/5/2022  
Aprobado: 6/6/2022

# Modelo de actividades para la gestión de logs de sistemas de información

*Model of activities for the management of logs of systems*

Víctor Hugo Figueroa Fernández <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Ingeniero Informático, Docente en la Facultad de Ciencias y Tecnología. Universidad Autónoma Juan Misael Saracho. Tarija – Bolivia.

Correspondencia del autor(es): [figo37vic@gmail.com](mailto:figo37vic@gmail.com) <sup>1</sup>.

## Resumen

Hoy en día la mayoría de los sistemas de información poseen mecanismos para generar ficheros logs en todos sus niveles, como ser base de datos, aplicaciones y servidores. El presente estudio tiene como objetivo diseñar un modelo de actividades para la gestión de logs de los sistemas de información, que permita gestionar los datos que se generan, con el fin contar información accesible para identificar los diferentes eventos que se suscitan a diario. Parte importante de la implementación y mantenimiento de los sistemas de Información en una organización es el de garantizar el correcto funcionamiento de los distintos sistemas y servicios que proveen, por esto es importante contar con un mecanismo que gestione los datos e información de los diferentes ficheros logs con el fin de realizar un análisis que permita prevenir, identificar y prever acciones relacionadas con la seguridad de la información.

Los métodos científicos que se utilizaron en el presente trabajo son el método deductivo, además del estudio de documentos y/o normas, regulaciones relacionadas con la gestión de logs. Entre los principales resultados obtenidos de la presente investigación se tienen los siguientes: Análisis y comparación de las normas y/o regulaciones relacionadas con la gestión de logs y el Diseño de un modelo de actividades para la gestión de logs de los sistemas de información.

**Palabras clave:** Seguridad informática, Modelo, Gestión, Logs, Sistemas Información.

## Abstract

Today most information systems have mechanisms to generate log files at all levels, such as databases, applications and servers.

The objective of this study is to design a model of activities for the management of logs of information systems, which allows managing the data that is generated, in order to have accessible information to identify the different events that occur daily.

An important part of the implementation and maintenance of information systems in an organization is to guarantee the correct functioning of the different systems and services they provide, for this reason it is important to have a mechanism that manages the data and information of the different log files. In order to carry out an analysis that allows to prevent, identify and anticipate actions related to information security.

The scientific methods used in this work are the deductive method, in addition to the study of documents and/or standards, regulations related to log management.

Among the main results obtained from this research are the following: Analysis and comparison of the standards and/or regulations related to log management and the Design of a model of activities for the management of information system logs.

**Key words:** Computer security, Model, Management, Logs, Information Systems.

## 1. Introducción

Hoy en día con los avances tecnológicos, en especial los que tienen que ver directamente con el manejo y procesamiento de la información han facilitado de forma significativa la labor de las organizaciones en general, es por ello que ante el crecimiento y desarrollo de las tecnologías de información también son más las amenazas a las que una organización debe hacer frente.

Según (Chuvakin, et al., 2013, p. 37) un log es un mensaje de algo generado por algún dispositivo o sistema para indicar que algo ha sucedido.

Además (Adame Lorite, 2012) define que el log o traza de aplicación es el procesado y almacenamiento de información relativa a la ejecución de una aplicación. Contiene datos de entidades, cambios de estado y componentes software involucradas en dicha ejecución.

(Kent & Souppaya, 2006) define que, un log es un registro de los eventos que ocurren dentro de los sistemas y redes de una organización. Los Logs están compuestos de entradas de registro; cada entrada contiene información relacionada con un evento específico que ha ocurrido dentro de un sistema o red. Originalmente, los logs se usaban principalmente para solucionar problemas, pero ahora los logs sirven para muchas funciones en la mayoría de las organizaciones, como optimizar el rendimiento del sistema y la red, registrar las acciones de los usuarios y proporcionar datos útiles para investigar actividades maliciosas

Con referencia a Chuvakin, Schmidt, & Phillips, (2013, pág. 32) los ficheros logs se pueden clasificar en:

**Logs de Seguridad**, que se enfocan en eventos de detección y respuesta ante ataques, infección de código malicioso, robo de datos y otros incidentes de seguridad.

**Logs de Operaciones**, que se produce para proveer información útil respecto a la ejecución de tareas y procesos en los sistemas.

**Logs de Depuración de Aplicaciones**, este tipo específico de logs se utiliza por programadores en ambientes de desarrollo (aunque su empleo no se recomienda también se pueden habilitar en ambientes de producción) para la verificación de la funcionalidad de la aplicación evaluada.

Los Sistemas de Información (SI) se refiere a un conjunto ordenado de mecanismos que tienen como fin la administración de datos y de información, de manera que puedan ser recuperados y procesados fácil y rápidamente.

Todo sistema de información se compone de una serie de recursos interconectados y en interacción, dispuestos del modo más conveniente en base al propósito informativo trazado, como puede ser recabar información personal, procesar estadísticas, organizar archivos, entre otros.

Actualmente podríamos afirmar que la mayoría de los sistemas y medios tecnológicos generan ficheros logs, en donde podemos encontrar todos los registros sobre la actividad y funcionamiento de los mismos, como ser un dispositivo de una red de datos, de un software o sistemas de información, bases de datos, servidores web, y aplicaciones en general.

Los **ficheros logs** se generan ante cualquier evento que se esté suscitando en un sistema, aplicación o estructura tecnológica, esto se debe a diferentes causas como ser: ataques de inserción de código malicioso, denegación de servicios o simplemente una traza de error en el código de un sistema, o falla de algún dispositivo.

La gestión de logs aportan un valor agregado a la seguridad de la información dentro de las organizaciones, según (Chuvakin, et al., 2013) esta información analizada y gestionada adecuadamente podría convertirse en una base de datos de incidentes y eventos con utilidad en diversos fines, entre los cuales se encuentran la: **Administración de recursos, detección de intrusiones, la resolución de problemas, análisis forense y auditorías**, además de prevenir comportamientos inadecuados que causen fallas en los sis-

temas, garantizando la continuidad del negocio. Parte importante de la implementación y mantenimiento de los sistemas de información es el análisis del funcionamiento y estado actual de los sistemas. Este análisis es importante para conocer y verificar la integridad de los servidores y el rendimiento de los equipos, para detectar fallas en el hardware y software, además de descubrir comportamientos que afecten la funcionalidad de las aplicaciones para luego tomar decisiones que mejoren la productividad y calidad de los servicios brindados.

Es por ello donde se denota la importancia de contar con sistemas capaces de analizar y procesar estos datos y ofrecer resultados en tiempo real de manera eficiente, que ofrezcan una visión clara y precisa de lo que está sucediendo, facilitándonos de gran manera la detección temprana de errores, debilidades, vulnerabilidades y ataques a los Sistemas de Información.

## 2. Materiales y métodos

Los métodos científicos que se utilizaron en el presente trabajo son el método deductivo.

En cuanto a las técnicas e instrumentos que se utilizaron en este proyecto de investigación, se realizó un análisis comparativo y documental, Análisis y síntesis, Histórico Lógico, a partir de los datos que surgen de la indagación de diferentes normas y regulaciones referentes a la gestión de logs.

En cuanto a las metodologías para la gestión de logs existen una gran cantidad de normas y regulaciones, incluidas en PCI DSS, FISMA, CAG, GPG13 entre otras y marcos de mejores prácticas, como la NIST 800-92 e ISO2702.

A continuación, de acuerdo al análisis de la Ta-

bla 1. el estándar NITS 800-92 es el que cubre la mayor parte de las actividades necesarias para la gestión de logs, además se resalta también la norma ISO 27001 y las regulaciones como la PCI DSS, FISMA, HIPPA, para la gestión de logs.

Controles y/o Actividades	ISO 27 002	PCI DSS	NITS 800-92	CAG	GPG13	FISMA	HIPPA
Activacion de logs		✓	✓				
Generacion y registro de long			✓	✓			
Sincronizacion	✓		✓				
Seguridad de los logs	✓	✓	✓			✓	
Definir formatos de long		✓	✓	✓			
Almacenamiento de logs	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
Retencion de logs			✓				
Analisis de logs		✓	✓	✓		✓	
Monitorizacion de logs	✓		✓		✓		✓
Revision periodica de los logs		✓	✓		✓		✓
Políticas y procedimientos de auditoria	✓	✓	✓		✓	✓	✓
Definir eventos auditables		✓	✓				
Contenido de los registros de eventos		✓	✓				
Capacidad de almacenamiento			✓				
Respuesta a fallos de sistema de auditoria							

Tabla 1. Tabla Comparativa Controles para la Gestión de Logs. Fuente. Elaboración Propia.

## 3. Resultados

A continuación, se expone los principales resultados obtenidos.

Según el análisis de las normas y regulaciones relacionadas con la gestión de logs, las etapas para el diseño del modelo de actividades para la gestión de logs de sistemas de información debe estar conformado por las siguientes etapas:

**Planeación, Diseño y Selección de Herramientas,** como se muestra en la **Figura 1.**

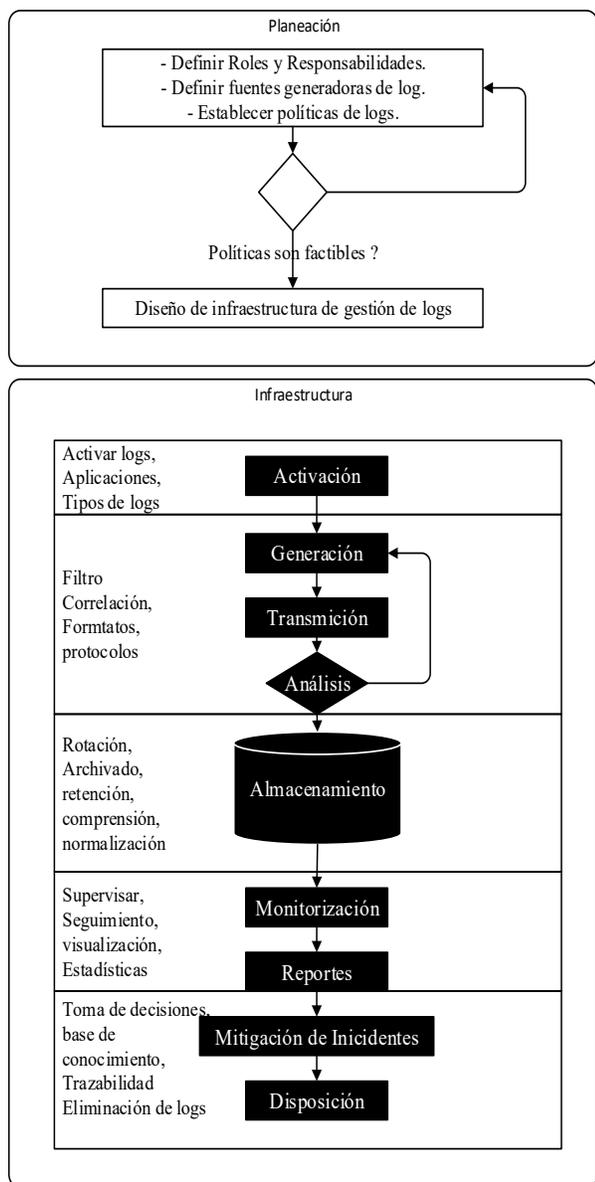


Figura 1. Modelo Actividades para la Gestión de Logs  
Fuente: Elaboración propia

## 4. Etapa de Planeación.

En esta etapa de planificación se complementó con la guía (Logging and Log Management), FIS-MA en donde se definen los criterios necesarios para el diseño de la estructura.

### 4.1. Definir roles y responsabilidades.

Definir roles y responsables de la configuración y activación de logs de acuerdo a las plataformas y/o aplicaciones que serán parte del proceso de gestión de logs.

Según (Kent & Souppaya, 2006) se debe definir las responsabilidades dentro del proceso de gestión de logs, para que la gestión sea adecuada, se identifiquen las actividades de cada rol con respecto a los logs y definir las personas que se encuentran involucradas en el proceso.

Como, por ejemplo, Administradores de sistemas y redes, Administradores de seguridad, Desarrolladores de aplicaciones, Oficiales de seguridad de la información, Directores de Información (CIO), Auditores, y Personas involucradas en la adquisición de software que debe o puede generar datos de registro de seguridad informática.

### 4.2. Definir fuentes generadoras de logs.

Se debe definir que plataformas, aplicaciones y tipos de logs formarán parte del proceso de gestión de logs.

Según (Chuvakin, Schmidt, & Phillips, 2013), se recomienda identificar los activos ya sea software o hardware que tengan más criticidad para el negocio, algunas de las herramientas que ayudan a realizar esto es mediante reuniones y entrevistas con los responsables de los activos, metodologías para valorar riesgos e impactos, además del inventario de activos.

Cabe señalar que cada organización tiene su propia infraestructura de TI y la importancia de sus activos dependen de sus necesidades de negocio.

### 4.3. Establecer Políticas y Procedimientos de logs para la; Generación de logs, Transmisión de logs, Análisis de logs, Establecer políticas alcanzables, Seguimiento de políticas, Hacer referencia a normas y regulaciones.

### 4.4. Diseño de la infraestructura de gestión de logs.

Después de establecer una política inicial e identificar los roles y las responsabilidades, una organización debería diseñar una o más infraestructu-

ras de administración de registros que respalden efectivamente la política y los roles.

## 5. Etapa de Diseño de la infraestructura tecnológica

Las actividades para la etapa de diseño se complementaron con la norma ISO 27002 12.4, EMC-RSA, PCI y la guía (Logging and Log Management) en donde se debe adecuar una infraestructura tecnológica para la gestión centralizada de logs de acuerdo a las siguientes actividades.

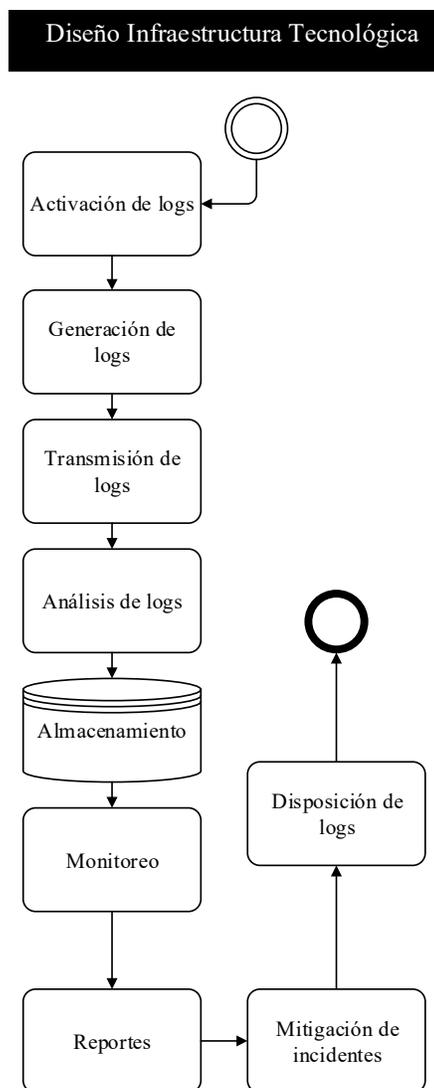


Figura 2. Actividades para el Diseño Infraestructura Tecnológica Fuente. Elaboración Propia

### 5.1. Activación de logs.

En esta etapa se debe configurar o activar la generación de logs en las aplicaciones, sistemas y/o equipos informáticos definidas en el alcance que formaran parte de la gestión de logs.

Según (EMC-RSA, 2018), es recomendable habilitar el registro de datos de auditoría en los sistemas, dispositivos y aplicaciones que sean críticos para la organización y los cuales deberían participar en la gestión de logs, tener configurado de manera apropiada, permite que la auditoría de estos sistemas genere las alarmas correspondientes. Los logs también deben ser capturados para identificar campos específicos requeridos por normas regulatorias, por ejemplo, identificación de usuario, marco de tiempo, información de red y la etiqueta del nivel impacto de un evento.

### 5.2. Generación de logs.

En esta etapa se asegura que los registros de logs de las aplicaciones, sistemas y/o equipos informáticos configuradas en la activación de logs sean generados correctamente. y transmitidos a la plataforma de gestión de logs.

Según Kent & Souppaya, (2006):

Todas las fuentes de información de logs definidas en la planeación son involucrados en esta actividad, al igual que los responsables y administradores de estos activos, debido a que deben garantizar que estas fuentes generen sus propios registros, además de habilitar mediante configuración el envío y filtro de los registros de logs, garantizando eficiencia y efectividad en la gestión de logs.

Filtrar los eventos de acuerdo a la experiencia obtenida en la administración del activo, un exceso de logs puede generar pérdidas de información, además de problemas operacionales, como se mencionó anteriormente es necesario identificar y filtra los log de interés.

Que el formato generado por los protocolos para recolección y transmisión sean soportados por la arquitectura de la gestión de logs, se debe

ría utilizar un formato estándar y apoyarse en la documentación de los activos generadores de logs y servidores de logs o SIEM, es recomendado utilizar protocolos como syslog o bases de datos.

Además, EMC-RSA, (2007) menciona que los registros de datos generados y obtenidos por el sistema de gestión de logs, debe ser capaz de realizar trazabilidad a través de usuarios únicos e individuales. La sincronización del tiempo en la generación de logs de las fuentes es de vital importancia ya que influye en la confianza del análisis de los mismos, por tal motivo se recomienda utilizar un servidor NTP (Network Time Protocol, protocolo de red para sincronizar los relojes de los sistemas informático), para sincronizar el tiempo de los sistemas involucrados en la gestión de logs.

### 5.3. Transmisión de logs.

Definir mecanismos para asegurar la transmisión de los registros de logs generados a la plataforma de gestión de logs.

Según EMC-RSA, (2007) se debe tener en cuenta asegurar el proceso de transmisión de la información sensible a través del sistema de gestión centralizada de registros, al igual que en su almacenamiento, se debe garantizar controles para acceder a la información y no permitir acceso no autorizado a estos eventos.

### 5.4. Análisis de logs.

En esta etapa se debe Implementar mecanismos para la retención de logs durante un periodo de tiempo de manera automática tomando en cuenta políticas y/o procedimientos para la retención de logs.

Según Kent & Souppaya, (2006), La visualización del log muestra entradas de registro en un formato legible para el ser humano. La mayoría de los generadores de registros proporcionan algún tipo de capacidad de visualización de registros; los servicios de visualización de registro de terceros también están disponibles. Algunos visuali-

zadores de registros proporcionan capacidades de filtrado y agregación.

Según Chuvakin, Schmidt, & Phillips, (2013), el análisis de mensajes de logs, o simplemente el análisis de logs, se ocupa de analizar los datos de registro para derivar el significado de los mismos. Tener sus datos en un solo lugar le permite juntar o correlacionar el mensaje de log para derivar el significado. Esto es especialmente importante en un entorno altamente distribuido en el que puede tener múltiples recopiladores de logs remotos y debe correlacionar los mensajes de logs recibidos en un recopilador con los recibidos en otro.

### 5.5. Almacenamiento de logs.

En esta etapa se debe definir mecanismos y políticas para el almacenamiento de logs.

Kent & Souppaya, (2006) menciona que en la gestión de logs es clave definir la retención y almacenamiento de los logs, estos requerimientos se deben especificar mediante políticas, donde se define el tipo de almacenamiento, tamaño, costo, velocidad de recuperación, archivado y destrucción de los logs.

Según (Chuvakin, Schmidt, & Phillips, 2013), aunque se encuentran varios métodos para el almacenamiento, en el caso de un sistema de archivos de logs, este debe soportar la comprensión que permite mejorar la seguridad y reducir notablemente el almacenamiento, aunque existen otros formatos como lo son los basados en texto, binarios, archivos y texto plano. Además, es importante que soporte la rotación en los sistemas de archivo de log, ya que como se mencionó anteriormente, puede configurarse por tiempo o tamaño dando flexibilidad a la hora de la consulta o análisis de logs, si el sistema no lo soporta debería utilizarse aplicaciones de terceras partes. Por otra parte (CIS, 2018), menciona que se debe asegurar de que todos los sistemas que almacenan registros tengan el espacio de almacenamiento adecuado para los registros generados.

## 5.6. Monitorización.

En esta etapa se debe implementar mecanismos para el procesamiento de datos almacenados para facilitar la monitorización y visualización de la información.

Es necesario establecer mecanismos que se pueden usar para supervisar y revisar los datos de registros de logs y los resultados del análisis automatizado. En algunas infraestructuras de administración de logs, los mecanismos de monitorización también se pueden usar para proporcionar administración para los servidores de logs y los clientes. Además, los privilegios de usuario de la consola a veces pueden limitarse solo a las funciones y fuentes de datos necesarias para cada usuario. (Kent & Souppaya, 2006)

## 5.7. Generación de reportes.

Configurar y ajustar reportes estadísticos e históricos para validación de comportamientos de la infraestructura tecnológica.

Un paso importante en la administración y gestión de logs, es el análisis de los reportes, estos se convierten en un apoyo y recurso para el área de seguridad en la lucha de mitigar riesgos y reducir vulnerabilidades.

Es necesario que en las organizaciones se definan y establezcan tareas operativas, de acuerdo a la misión y visión de la organización cumpliendo con los objetivos propuestos en la política de seguridad, para realizar un análisis correcto y efectivo de los reportes de registros.

Se sugiere que se realicen tareas de análisis de reportes de manera: diaria, semana, mensual, trimestral, para identificar posibles cambios en estructuras de los registros.

Según (Kent & Souppaya, 2006) se sugiere evaluar la efectividad y ajustes de la política de seguridad una vez al año.

## 5.8. Mitigación de incidentes.

En esta etapa se debe establecer procedimientos gestión de incidentes para mitigar las amenazas identificadas y reportadas mediante la gestión de logs.

Durante el análisis de los registros de logs, es posible identificar eventos de importancia como incidentes o problemas operacionales que requieran de una respuesta. Cada organización define el procedimiento para tratar estos eventos, desarrollando políticas o aplicando estándares como ITIL.

Dentro de las mejores prácticas se recomienda construir una base de conocimientos de incidentes de seguridad, con información de vulnerabilidades conocidas, el significado de los mensajes de registro y datos que ayuden a identificar los incidentes que se estén generando. (Kent & Souppaya, 2006)

Cada persona tiene conocimientos y competencias distintas, y los incidentes de seguridad tienden a involucrar distintos activos de la organización, es por efectividad al solucionar estos incidentes que las organizaciones deben armar grupos de trabajo, para realizar un análisis completo a los incidentes presentados.

## 5.9. Disposición de logs.

En esta etapa se debe aplicar procedimientos y políticas para la eliminación apropiada de logs.

Dentro del proceso de gestión de logs, es importante generar políticas para archivar y eliminar los registros, teniendo en cuenta los procedimientos establecidos por la organización.

Eliminar los logs de manera que no haya trazabilidad de estos registros.

Los administradores de seguridad son los responsables de generar las políticas para el almacenamiento de los registros por el tiempo adecuado y generar los procedimientos de eliminación segura de acuerdo a las normas establecidas.

Según Kent & Souppaya, (2006) la eliminación de registros elimina todas las entradas de un registro que precede a una fecha y hora determinada. La eliminación de registros a menudo se realiza para eliminar datos de registro antiguos que ya no se necesitan en un sistema porque no es importante o se ha archivado.

Sobrescribir los registros con mayor tiempo de antigüedad, este proceso es viable cuando se utilizan registros de control o complementos y no son registros vitales para las investigaciones o para realizar los análisis de los incidentes generados.

### 5.10. Seguridad del registro de logs.

En esta etapa se debe implementar mecanismos de seguridad para la protección de logs en las actividades de recolección, transmisión, almacenamiento y retención.

Según la ISO/IEC 27002:2013, (2013) los log deben estar protegidos, ya que no pueden ser eliminados o modificados por personas no autorizadas. En general, cuando un atacante obtiene acceso a un sistema no autorizado, él elimina toda la información generada en los logs, para eliminar la evidencia de cualquier acción que haya llevado a cabo. Por lo tanto, debe establecer las reglas que permitan la modificación de estos registros solo por ciertas personas y, por otro lado, obviamente, las medidas de control de acceso del sistema deben fortalecerse.

## 6. Selección de herramientas en software libre en base al modelo propuesto.

De acuerdo a la Figura 3. En esta etapa según el modelo de actividades de gestión de logs, se eligieron herramientas que se ajustan a la estructura tecnológica según la guía de gestión de logs de la NITS y el diseño del modelo de actividades de gestión de logs definida en la Etapa II. Las herramientas seleccionadas para cada fase son opcionales y están sujetas a requerimientos en cuanto capacidad y disponibilidad de recursos para su instalación y puesta en marcha

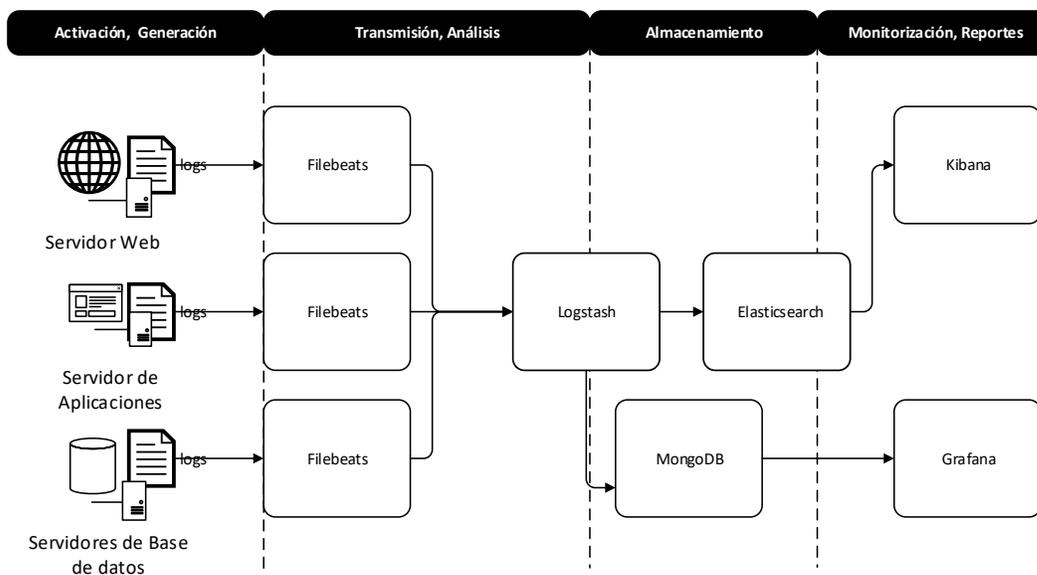


Figura 3. Selección de herramientas según diseño de actividades de la infraestructura tecnológica. Fuente. Elaboración Propia

A continuación, se describen algunas de las herramientas seleccionadas.

**Docker.** Es un proyecto de código abierto que automatiza el despliegue de aplicaciones dentro de contenedores de software, proporcionando una capa adicional de abstracción y automatización de virtualización de aplicaciones en múltiples sistemas operativos (Gómez, 2018).

**Graylog.** Se trata de uno de los productos de gestión de logs más completos existentes en el mercado, ya que ofrece funcionalidades de monitorización, además del análisis y almacenamiento de mensajes. Para la recepción y el análisis cuenta con un servidor desarrollado en Java, mientras que para labores de monitorización ofrece una aplicación web escrita en Ruby que permite visualizar los mensajes y la actividad del servidor. (Graylog, 2018)

**Beats.** Los Beats son agentes ligeros que se integran en las aplicaciones o servicios que tenemos y que mandan todo tipo de información hacia Logstash o Elasticsearch. Hay varios Beats ya disponibles como son: Filebeats, Metricsbeats, Packetbeat, Network Data, Winlogbeat, Auditbeat, Heartbeat. (Elasticsearch, 2018)

**Logstash.** Es una fuente de procesamiento de datos de fuente abierta, del lado del servidor que ingiere datos de una multitud de fuentes simultáneamente, las transforma y luego las envía a su “alijo” favorito (nuestra es Elasticsearch, naturalmente). (Elasticsearch, 2018)

**Elasticsearch.** Es un motor de búsqueda basado en Apache Lucene que permite indexar grandes cantidades de datos para su posterior consulta de forma eficiente. Los datos o documentos que se indexan no necesitan tener una estructura determinada, aunque para un mejor funcionamiento y explotación de los mismos es recomendable su definición. (Canto, 2016)

**MongoDB.** Es una base de datos orientada a documentos. Esto quiere decir que, en lugar de guardar los datos en registros, guarda los datos en documentos. Estos documentos son almacena-

dos en BSON, que es una representación binaria de JSON. (GENBETA DEV, 2018)

**Kibana** te permite visualizar tus datos de Elasticsearch y navegar por Elastic Stack, de modo que puedes hacer cualquier cosa, desde saber por qué te están buscando a las 2:00 a.m. hasta comprender el impacto que la lluvia puede tener en tus números trimestrales. (Elasticsearch, 2018)

**Grafana.** Es una herramienta de código abierto para el análisis y visualización de métricas. Se utiliza frecuentemente para visualizar de una forma elegante series de datos en el análisis de infraestructuras y aplicaciones (Group, 2018).

## 7. Discusión

Entre los principales resultados obtenidos en la investigación se pudo constatar lo siguiente:

Por medio de las metodologías, regulaciones y guías de buenas prácticas relacionadas en la gestión de logs, se procedió a determinar los pasos y actividades necesarias para el diseño de un modelo para la gestión de logs, sin embargo, es importante aclarar que existen otras metodologías que se pueden ajustar a distintas necesidades, de las cuales también se pueden obtener otros criterios a la hora de diseñar una estructura o modelo para la gestión de logs.

Las actividades propuestas en el diseño de la infraestructura tecnológica se consideraron por medio del estudio de regulaciones, normas, estándares y modelos de buenas prácticas relacionados con el análisis y gestión de logs, para finalmente evaluar su implementación en un ambiente de prueba.

Con el diseño del modelo de actividades para la gestión de logs, el número de fuentes generadoras de logs varía según el tamaño y estructura tecnológica de cada organización, esto hace que los datos procesados requieran una distinta planificación para la asignación de recursos, debido a esto es importante establecer políticas para el diseño e implementación de la infraestructura tecnológica,

con el fin de contar siempre con los recursos necesarios para cumplir los objetivos del proceso, por tal motivo cada organización debe establecer sus propias políticas de acuerdo a su realidad.

Con relación a las herramientas seleccionadas, cabe aclarar que algunas de las Herramientas de uso libre poseen limitaciones que son evidentes en organizaciones con infraestructura tecnológica más grandes, debido a la cantidad de recursos que son necesarios para el análisis y gestión de logs, además de temas como almacenamiento y seguridad.

Los resultados obtenidos coinciden con el estudio de (MSc. Oiner, Dra. C. Vivian, Ing. René, & Rodríguez, 2012), cuyos resultados permite afirmar que el modelo de actividades para la gestión de logs permite estandarizar el registro de eventos y propiciar múltiples objetivos, en función de las características y necesidades del escenario de aplicación.

Por otra parte, (JULIAN DAVID, LEONARDO FABIO, & CRISTIAN ANDRÉS, 2015), con su trabajo de investigación denominado: “Guía Metodológica Para La Gestión Centralizada De Registros de Seguridad A Través De Un Siem”, menciona que para que el proceso de gestión de logs tenga consistencia y efectividad. Se debe tener en cuenta, que dependiendo de la estructura de la empresa, es posible obviar o adicionar algunas de las actividades propuestas.

## 8. Bibliografía

- ❏ Adame Lorite, J. (2 de octubre de 2012). *Bytes & Chips*. Obtenido de Bytes & Chips: <https://bytesandchips.net/2012/10/02/consejos-y-buenas-practicas-del-logging-de-aplicaciones/>
- ❏ Alegre Diez, B. A. (2016). *Gestion de logs*. Universidad Internacional de la Rioja.
- ❏ Canto, D. M. (febrero de 2016). *damarcant*. Obtenido de ELK Stack (I): indexación de documentos con Elasticsearch: <http://damarcant.blogspot.com/2016/02/elk-stack-i-indexacion-de-documentos-con-elasticsearch.html>
- ❏ Carrión Ramírez, B. (2015). Diseño e Implementación de una solución de gestión centralizada de logs de aplicaciones, sistemas y dispositivos basada en Logstash que permita la creación de cuadros de mando para explorar, analizar y monitorear eventos de seguridad.
- ❏ Chuvakin, D., Schmidt, K., & Phillips, C. (2013). *Logging and Log Management - The Authoritative Guide to Understanding the Concepts Surrounding Logging and Log Management*. USA: Elsevier.
- ❏ Consejo sobre Normas de Seguridad de la PCI, & LLC. (abril de 2016). Industria de tarjetas de pago (PCI). Obtenido de Industria de tarjetas de pago (PCI): [https://es.pcisecuritystandards.org/\\_onelink\\_/pcisecurity/en2es/minisite/en/docs/PCI\\_DSS\\_v3-2\\_es-LA.pdf](https://es.pcisecuritystandards.org/_onelink_/pcisecurity/en2es/minisite/en/docs/PCI_DSS_v3-2_es-LA.pdf)
- ❏ David, J., Fabio, L., & Cristian, A. (2015). *GUÍA METODOLÓGICA PARA LA GESTIÓN CENTRALIZADA DE REGISTROS DE SEGURIDAD A TRAVÉS DE UN SIEM*. Bogota: UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA.
- ❏ Elasticsearch. (2018). *elastic*. Obtenido de elastic: <https://www.elastic.co/elk-stack>
- ❏ GENBETA DEV. (17 de 08 de 2018). <https://www.genbeta.com>. Obtenido de GENBETA: <https://www.genbeta.com/desarrollo/mongodb-que-es-como-funciona-y-cuando-podemos-usarlo-o-no>

- 🔖 Gomez, R. (1 de 12 de 2018). Obtenido de Irontec: <https://blog.irontec.com/introduccion-muy-breve-y-desenfada-da-a-docker/>
- 🔖 Graylog, I. (3 de julio de 2018). *Graylog*. Obtenido de Enterprise Log Management for All: <https://www.graylog.org/group>, S. w. (11 de 11 de 2018). Davinici group. Obtenido de <https://www.davincigroup.es/>: <https://www.davincigroup.es/grafana-sistema-monitorizacion/>
- 🔖 ISO/IEC 27002:2013. (octubre de 2013). *iso2700.es*. Obtenido de [iso2700.es: http://www.iso27000.es/download/ControlesISO27002-2013.pdf](http://www.iso27000.es/download/ControlesISO27002-2013.pdf)
- 🔖 JULIAN DAVID, A. C., LEONARDO FABIO, C. B., & CRISTIAN ANDRÉS, M. D. (2015). GUÍA METODOLÓGICA PARA LA GESTIÓN CENTRALIZADA DE REGISTROS. Colombia: UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA.
- 🔖 Kent, K., & Souppaya, M. (2006). *Guide to Computer Security Log Management*. Gaithersburg,: National Institute of Standards and Technology.
- 🔖 MSc. Oiner, G. B., Dra. C. Vivian, E. S., Ing. René, R. B., & Rodrigue, D. C. (2012). *Modelo de gestión de log para la auditoría de información de apoyo a la toma de decisiones en las organizaciones*. Scielo.
- 🔖 NIST. (2014). National Institute of Standards and Technology. Obtenido de National Institute of Standards and Technology: <https://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/Legacy/SP/nistspecialpublication800-53r3.pdf>

# ARTÍCULO 9

Recibido: 18/4/2022

Aprobado: 9/6/2022

# Metodología para la detección y eliminación de genoma “Sars-Cov-2” “Covid-19” en aguas residuales de la ciudad de Tarija.

*Methodology for detection and elimination of “Sars-Cov-2” “Covid-19” genome in wastewater in Tarija city.*

Julio César Mamani Alemán <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Ingeniero de Recursos Hídricos, Universidad Autónoma Juan Misael Saracho. Master in hydrology and management of water resources - University of Alcalá and King Juan Carlos University

<sup>1</sup> **Correspondencia del autor(es):** julio-cesar-ma@hotmail.com <sup>1</sup>, julio.mamani@edu.uah.es <sup>1</sup>

## Resumen

El presente trabajo propone, metodología para la detección y eliminación del genoma SARS-CoV2 en las aguas residuales de la ciudad de Tarija, contemplando que estas aguas mencionadas constituyen una vía propicia para la transmisión de muchas patologías, incluidas las enfermedades virales.

El objeto principal del estudio es indagar sobre la detección del genoma SARS-CoV2 en las aguas residuales de la ciudad de Tarija, su prevalencia, las evidencias de transmisión y su potencial vigilancia epidemiológica en diferentes escenarios.

Este documento contempla una compilación bibliográfica-documental de artículos y aportes de fuentes de información de la CSIC (Consejo superior de investigaciones científicas de España), como también aportes del Iagua e Imdea Agua, ambas instituciones tienen intervenciones y participaciones de las Universidades de Alcalá y Rey Juan Carlos, como también estudios desarrollados por investigadores de la Universidad Ignacio Agramonte Loynaz de Cuba y la revista cubana de medicina tropical (RCMT). Concluyendo puntualmente el hallazgo del virus en el alcantarillado, aun cuando la prevalencia de la COVID-19 haya sido baja, indica que la epidemiología basada en aguas residuales pudiera ser una herramienta para el monitoreo de la circulación del virus en la población. Por

ende, se propone un procedimiento metodológico con bases científicas para su detección e identificación respectiva, proponiendo una serie de fases puntuales desde la elaboración de un documento base hasta la ejecución de la investigación.

## Palabras clave

Genoma, SARS-CoV2, aguas residuales, detección y eliminación.

## Abstract

The present work proposes a methodology for the detection and elimination of the SARS-CoV2 genome in the wastewater of the city of Tarija, considering that these mentioned waters constitute a conducive pathway for the transmission of many pathologies, including viral diseases.

The main purpose of the study is to investigate the detection of the SARS-CoV2 genome in the wastewater of the city of Tarija, its prevalence, the evidence of transmission and its potential epidemiological surveillance in different settings.

This document includes a bibliographic-documentary compilation of articles and contributions from information sources of the CSIC (Higher Council for Scientific Research of Spain), as well as contributions from Iagua and Imdea Agua, both institutions have interventions and participations from the Uni

versities of Alcalá and Rey Juan Carlos, as well as studies developed by researchers from the Ignacio Agramonte Loynaz University of Cuba and the Cuban Journal of Tropical Medicine (RCMT). Concluding promptly the finding of the virus in the sewers, even when the prevalence of COVID-19 has been low, indicates that epidemiology based on wastewater could be a tool for monitoring the circulation of the virus in the population. Therefore, a methodological procedure with scientific bases is proposed for its respective detection and identification, proposing a series of specific phases from the preparation of the document to the execution of the investigation.

**Key words** Genome, SARS-CoV2, sewage water, detection and disposal.

## 1. Introducción

Tal como lo menciona la OMS (Organización Mundial de la Salud, 2020), el SARS-CoV2 o la COVID-19, es el nombre del nuevo coronavirus, el cual tras circunstancias de definición fue denominado 2019-nCoV y actualmente denominado SARS-CoV2, siendo “SARS-CoV2 el virus” y “COVID-19” el nombre de la enfermedad, la cual pertenece a la familia de coronavirus, los cuales son llamados de esa manera por la forma representativa de pico en la superficie envolvente del virus, los cuales por su forma se asemejan a una corona. Los coronavirus son una familia que conviven con los seres humanos desde hace mucho tiempo, así también estos mencionados coronavirus provienen de aves o mamíferos, especialmente de los murciélagos.

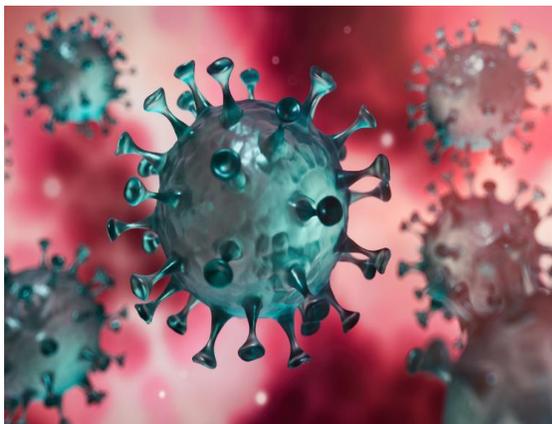


Figura 1. SARS-CoV2, forma aproximada del genoma; Fuente: OMS (Organización mundial de la salud).

La denominación de SARS-CoV2, se denomina así por su secuencia genética parecida a la del SARS (Centers for Disease Control and Prevention, 2020), el cual es otro tipo de coronavirus que se manifestó durante por primera y única vez en el año 2002 y causó una propagación con más de 8000 personas infectadas y alrededor de 800 muertos, ahora si bien se habla del SARS, también se debe mencionar el MERS-CoV, el cual se manifestó por primera vez el año 2012 en el lejano medio oriente, el cual está asociado con los camélidos, específicamente con los camellos. Hasta donde se sabe, este nuevo coronavirus se originó en un mercado de animales silvestres de la ciudad de Wuhan “China”, esto producido por el contacto directo o cercano entre animales con el ser humano, que al tratarse de especies exóticas, estas no conviven naturalmente cerca del ser humano, por tanto, este acercamiento propicio que el virus adquiriera la capacidad de conseguir un nuevo huésped, en el caso del nuevo coronavirus, se tienen por supuesto que este saltó desde un murciélago a un mamífero intermediario y posteriormente a los seres humanos. (Guan Y. Zheng BJ, He YQ, Liu XL, Zhuang ZX, Cheung, 2003).

La complejidad de esta enfermedad se basa esencialmente en la forma de contagio, la cual es por vía aérea, mediante la generación de pequeñas gotas que produce una persona infectada al hablar, toser o estornudar son suficientes para producir un futuro contagio. Además de ello se ha demostrado que también se transmite por “fómites” al entrar en contacto con la nariz, ojos y boca con superficies contaminadas con presencia del virus.

Lo curioso e interesante de este tipo de enfermedad es que se ha demostrado mediante estudios de laboratorio que el SARS-CoV2, puede permanecer activo en algunas superficies por un tiempo determinado (The New England Journal of Medicine, 2020), en el caso de objetos de cobre este puede estar activo unas horas y en el caso de objetos plásticos y de acero hasta 24 horas, claro, esto en función a las condiciones de temperatura y humedad del ambiente.

A diferencia con el SARS, esta nueva enfermedad puede transmitirse antes de la aparición de algún tipo de síntoma, haciendo a la persona un

huésped asintomático, mientras que el SARS se transmite solo cuando la persona presenta síntomas, por tanto, esto dificulta de gran manera la contención de la pandemia en todo el mundo.

La OMS “Organización Mundial de la Salud”, estima una tasa de contagio ( $R_0$ ) del virus equivalentes al 1.4 a 2.5, mientras que otras estimaciones realizadas por entidades particulares hablan de un rango entre 2 y 3, en otras palabras es decir que cada huésped infectado puede contagiar a 2 y 3 personas, esta estimación es en caso de un contagio normal, pero tal como se ha visto recientemente se habla de supercontagios, esto debido a la aglomeración de personas que carecen o no aplican medidas de prevención ante el virus.

Sin embargo, la OMS también señala que, si bien la tasa de mortalidad es baja, la tasa de contagio es alta, haciendo blanco de contagio a las personas vulnerables o con antecedentes médicos de alguna patología previa, sean están cardiacas, sanguíneas, etc.

La situación problemática relacionada a esta enfermedad, es su forma de contagio, ahora haciendo referencia a estas características, se debe entender que según los últimos avances de investigación apuntan, que el SARS-CoV2, tiene una adaptabilidad a los medios físicos y acuáticos, y en este caso específico a las aguas residuales de los centros urbanos.

En el caso concreto de la ciudad de Tarija, se deben mencionar ciertos aspectos que dan sustento a la siguiente situación problemática.

- ⊙ En primera instancia se sabe que la ciudad de Tarija recientemente cuenta con una planta de tratamiento de aguas residuales, la cual es muy cuestionada por su diseño y ubicación, además de supuestamente no realizar un tratamiento óptimo (periódico, 2021).
- ⊙ Más allá de lo mencionado, se sabe que los índices de contagio son cada vez mayores, en el caso específico de

nuestro país, estos índices son crecientes con el paso de los días, esto conlleva a tener siempre presentes aguas servidas con heces fecales y residuos biológicos de pacientes enfermos con este patógeno.

- ⊙ Por otra parte, se sabe que todas estas aguas son vertidas a la planta de tratamiento, como también muchas de estas aguas desembocan de forma directa a algunas quebradas que atraviesan la ciudad de Tarija, haciendo de estas zonas, posibles focos infecciosos de este patógeno.
- ⊙ Las plantas de tratamiento convencionales no cuentan con nuevas metodologías de eliminación o reducción de agentes patógenos como el SARS-CoV2.

El objetivo que busca la presente investigación es: “Describir metodologías aplicadas al tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Tarija para la detección y eliminación del genoma SARS-CoV2”.

El control de las concentraciones de SARS-CoV2 en las aguas residuales, se utiliza como indicador de la evolución de la pandemia, permitiendo analizar de forma indirecta los efectos de las medidas de cara a la desescalada en su caso. Por ello muchas fuentes de información fiables vierten sus aportes periódicamente, de los cuales se pueden rescatar los aportes del IAGUA e IMDEA AGUA, perteneciente a la Universidad de Alcalá y con participación especial de la Universidad Rey Juan Carlos, mediante su Máster en hidrología y gestión de los recursos hídricos, como también la Revista Cubana de Medicina Tropical, quienes para criterio del autor del presente trabajo son excelentes fuentes de investigación y sustento académico referencial. En el caso de IMDEA AGUA y el IAGUA se pueden rescatar los siguientes aportes, los cuales son una serie de publicaciones que se vienen dando desde la pasada gestión 2019 hasta el presente mes y año.

Las publicaciones son las siguientes<sup>1</sup>:

- ⊙ Gestores del agua apuestan por decisiones urgentes para apuntalar la recuperación posCOVID.
- ⊙ Publicados los resultados de los análisis de aguas residuales para el seguimiento de la COVID-19.
- ⊙ Una encuesta revela el impacto de Covid-19 en la cadena de suministro de agua.
- ⊙ El análisis de las bacterias de aguas residuales ayuda a predecir la propagación del coronavirus.
- ⊙ URA licita nuevamente los servicios de análisis del SARS-CoV-2 en las aguas residuales urbanas.
- ⊙ Burlington VT implementa la epidemiología basada en las aguas residuales para frenar el COVID-19.
- ⊙ Castilla y León extenderán los análisis de aguas fecales a institutos y universidades.

En el caso de la Revista Cubana de Medicina Tropical, se puede mencionar lo siguiente:

- ⊙ COVID-19 y aguas residuales. Barreto Torrella, S. I. (2020).

### 1.1. Las heces humanas y la orina como fuente de infección.

Se plantea que las heces fecales pueden constituir una fuente de infección<sup>2</sup>, por el hallazgo de virus viables en heces de varios pacientes; también porque se cree que el SARSCoV-2 tenga una baja dosis infecciosa, de modo que por más que sean

1 Publicaciones cronológicas del IAGUA sobre el COVID19: <https://www.iagua.es/noticias/redaccion-iagua/directo-ultima-hora-coronavirus-sector-agua>.

2 Wu D, Wu T, Liu Q, Yang Z. The SARS-CoV-2 outbreak: What we know. IJID [Preprint]. 2020 [acceso: 10/06/2020];94:44-8. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1201971220301235> ; <https://doi.org/10.1016/j.ijid.2020.03.004>

bajas cargas virales en las heces podrían ser una preocupación para la transmisibilidad. Los autores agregan, a favor de la transmisión fecal-oral, la presencia de receptores de la enzima convertidora de angiotensina 2 (ACE2) en el tracto intestinal, en células de la cavidad oral y el esófago. Dicha enzima se ha identificado como el receptor del huésped que interactúa con la proteína de las espículas para propiciar el tránsito intracelular del SARS-CoV2<sup>3</sup>. Aspecto pendiente de corroboración mediante métodos científicos.

También se ha teorizado en cuanto a su transmisión de forma fecal-vías respiratorias, por inhalación de partículas de heces con presencia de virus viables, en forma de gotas de aerosol<sup>4</sup>, lo cual también constituye una especulación a partir del hallazgo en heces fecales de pacientes enfermos con COVID-19 que no se debe pasar por alto, pero requerirá su futura confirmación mediante diseños experimentales adecuados. También se ha encontrado al SARS-CoV-2 en la orina de pacientes enfermos de COVID-19.<sup>5</sup>

### 1.2. Presencia del SARS-COV-2 en aguas residuales.

El SARS-CoV-2 ha sido detectado en diferentes países, siendo el primero Holanda<sup>6</sup>. También ha sido hallado en Australia<sup>7</sup>, Estados Unidos,

3 Amirian ES. Potential fecal transmission of SARS-CoV-2: Current evidence and implications for public health. IJID. [Serie en internet] 2020 [acceso: 10/06/2020];(95):363- 70. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ijid.2020.04.057>

4 Wang X, Zhou Y, Jiang N, Zhou Q, Ma W-L. Persistence of intestinal SARS-CoV-2 infection in patients with COVID-19 leads to re-admission after pneumonia resolved. IJID [Serie en internet]. 2020 [acceso: 10/06/2020];95:433-5. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1201971220302794>

5 Xiao F, Sun J, Xu Y, Li F, Huang X, Li H, et al. Infectious SARS-CoV-2 in feces of patient with severe COVID-19. Emerg Infect Dis [Serie en internet]. 2020 Ag [acceso: 10/06/2020]; 26(8). Disponible en: [https://wwwnc.cdc.gov/eid/article/26/8/20-0681\\_article](https://wwwnc.cdc.gov/eid/article/26/8/20-0681_article)

6 Medema G, Heijnen L, Elsinga G, Italiaander R, Brouwer A. Presence of SARSCoronavirus-2 in sewage. MedRxiv. [Serie en internet]. 2020 [acceso: 10/06/2020]. Disponible en: <http://medrxiv.org/content/early/2020/03/30/2020.03.29.20045880>

7 Ahmed W, Angel N, Edson J, Bibby K, Bivins A, O'Brien JW, et al. First confirmed detection of SARS-CoV-2 in un-

Francia e Italia<sup>8</sup> en aguas residuales crudas (sin tratar) provenientes tanto de áreas de alta circulación como de baja circulación del virus. Con el auxilio de técnicas moleculares se ha detectado en aguas crudas una concentración de hasta 106 copias por litro. Mientras que en aguas residuales tratadas la cifra ha sido de 105 copias por litro<sup>9</sup>.

### 1.3. El SARS-CoV2 en las masas de aguas superficiales y aguas residuales.

Tal como se mencionó con anterioridad el SARS es un tipo de coronavirus muy parecido en cuanto al genoma del SARS-CoV2, el cual, mediante experimentación, análisis y estudio desarrollado por el Departamento de ciencias del suelo agua y medio ambiente de la Universidad de Arizona de USA (Gundy, 2008), ha demostrado gran capacidad de adaptarse a los medios acuáticos tal como lo refleja en su resumen de investigación:

El advenimiento del síndrome respiratorio agudo severo y su posible transmisión ambiental indica la necesidad de más información sobre la supervivencia del coronavirus en el agua y las aguas residuales.

La supervivencia de los coronavirus representativos, el virus de la peritonitis infecciosa felina y el coronavirus humano 229E, se determinó en agua del grifo filtrada y sin filtrar (4 y 23 ° C) y aguas residuales (23 ° C). Esto se comparó con el poliovirus 1 en las mismas condiciones de prueba.

La inactivación de coronavirus en el agua de prue-

ba dependió en gran medida de la temperatura, el nivel de materia orgánica y la presencia de bacterias antagonistas. El tiempo necesario para que el título del virus disminuya en un 99,9% (T 99,9) muestra que, en el agua del grifo, los coronavirus se inactivan más rápidamente en agua a 23 ° C (10 días) que en agua a 4 ° C (> 100 días). Los coronavirus mueren rápidamente en las aguas residuales, con valores de T 99,9 de entre 2 y 4 días. El poliovirus sobrevivió más tiempo que los coronavirus en todas las aguas de prueba, excepto el agua del grifo a 4 ° C.”

A su vez el Gobierno Español mediante su consejo superior de investigaciones científicas, CSIC, establece su “Informe sobre transmisión del SARS-CoV2 en playas y piscinas” (CSIC, 2020), donde detalla aspectos muy importantes tales como:

- ⊙ “La principal vía de transmisión del SARS-CoV-2 en playas, ríos, lagos y piscinas es a través de secreciones respiratorias que se generan con la tos y los estornudos y el contacto de persona a persona, por lo que deben mantenerse las recomendaciones generales relativas a cualquier otro lugar, como por ejemplo las recomendaciones recogidas en el protocolo y guía de buenas prácticas dirigidas a la actividad comercial en establecimiento físico y no sedentario publicadas por el Ministerio de Industria, Comercio y Turismo.
- ⊙ En actividades recreativas, la infección por SARS-CoV-2 por contacto con el agua de condiciones estándar para el baño, es muy poco probable. Sin embargo, estas actividades generalmente implican una pérdida de las medidas recomendadas de distanciamiento social.
- ⊙ La supervivencia del SARS-CoV-2 en agua de ríos, lagos, pozas aguas remansadas de agua dulce y no tratada puede ser superior a la que se produce en piscinas y en el agua salada, y por

---

treated wastewater in Australia: A proof of concept for the wastewater surveillance of COVID-19 in the community. *Sci Tot Environ*. 2020 [acceso: 10/06/2020];728:138764.

Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S246812532030087X> ; <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138764>.

8 La Rosa G, Iaconelli M, Mancini P, Bonanno Ferraro G, Veneri C, Bonadonna L, et al. First detection of SARS-CoV-2 in untreated wastewaters in Italy. *Sci.Total Environ* [Serie en internet]. 2020 [acceso: 10/06/2020];736:139652. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139652>

9 Kitajima M, Ahmed W, Bibby K, Carducci A, Gerba CP, Hamilton KA, et al. SARS-CoV-2 in wastewater: State of the knowledge and research needs. *Sci Tot Environ* [Preprint].] 2020 STOTEN 139076 [acceso: 10/06/2020]:139076. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139076>

tanto deben extremarse las medidas de precaución para evitar aglomeraciones, siendo éstos los medios acuáticos más desaconsejables en relación con otras alternativas, especialmente las pequeñas pozas donde la dilución es menos efectiva”.

Ambas investigaciones hacen referencia a la necesidad de disponer de datos experimentales que permitan evidenciar la presencia de SARS-CoV2 en las masas de aguas superficiales y aguas residuales.

## 2. Materiales y Métodos

La metodología aplicada a la presente investigación es documental comparativo, la cual hace referencia a los distintos medios científicos de exposición de información documental, generado cuestiones de análisis tales como:

Cada día que pasa miles de científicos en el mundo tratan de conocer al SARS-CoV2, pero a la fecha no se ha logrado establecer un comportamiento estable del mismo, tanto en la salud como en los medios de transmisión del mismo, por tanto esto complica la situación en sí, ya que si bien los estudios indican la posible adaptación de este genoma a las masas de agua superficial, este se proyectaría como un posible foco de infección, siempre y cuando las concentraciones del mismo sean suficientes para producir un contagio.

Entrando a un contexto regional, se ha mal interpretado sobre la influencia de la temperatura en relación al contagio de SARS-CoV2, suponiendo que en regiones de nuestro departamento se contemplan elevadas temperaturas, las cuales imposibilitarían un posible contagio, pero obviamos un pequeño detalle, el cual es simple y muy sencillo de entender.

El cuerpo humano biológicamente mantiene una temperatura constante comprendida entre los 35.6 y 37.6 grados centígrados naturalmente (In-

fosalus, 2018). Por tanto, ya naturalmente nuestro cuerpo eliminaría en virus, en caso supuesto de considerar la influencia de la temperatura al momento de evitar un contagio.

### Descripción del ámbito de estudio

El ámbito de estudio será el municipio de Cercado - Ciudad de Tarija, donde se pretende establecer contacto directo con las entidades encargadas de proporcionar la información base para el desarrollo de la siguiente propuesta de investigación.

### Fuente de datos

Las fuentes de información primaria son las investigaciones de última generación expuestas por Universidades y centros de investigación de todo el mundo, rescatando los avances lineales sobre el coronavirus y su incidencia sobre las masas de agua residuales.

Se tomarán como fuentes primarias las publicaciones y artículos.

Las fuentes de información secundaria serán documentos transversales que serán compilados en bitácoras bibliográficas, contemplando si el caso lo amerita, colección de informes periodísticos de información y estudios gubernamentales sobre los avances relacionado con la lucha de la humanidad contra esta pandemia.

## 2.1. Fases de la propuesta

### 2.1.1. Primera fase – presentación del proyecto

Esta fase comprende la redacción y elaboración de documentos correspondientes al proyecto, contemplando el análisis temporal y espacial de cada uno de sus elementos.

### 2.1.2. Segunda fase – aprobación del proyecto

Esta fase establece la aprobación del proyecto y su adecuación legal para su ejecución, en este punto se deben establecer claramente los montos y presupuestos para la ejecución del estudio planteado.

Así también se deberá establecer las responsabilidades y licitación de cargos mediante exa-

men de competencias, avalado y evaluado por la comisión interinstitucional conformada por los entes participantes.

### 2.1.3. Tercera fase – desarrollo de la investigación

En esta etapa se plantea la ejecución de protocolos y planes de acción para la determinación del genoma SARS-CoV2 o la COVID-19 y su incidencia en las aguas residuales de la ciudad de Tarija.

Esta tomará como base fundamental la ubicación estratégica de los puntos de muestreo, los cuales tendrán un cronograma de actividades comprendidas desde los primeros días del mes de noviembre del año 2021.

Posterior a la toma de muestras estas serán enviadas a laboratorios competentes establecidos en la ciudad de La Paz o la ciudad de Santa Cruz, donde se establecerán procedimientos técnicos de laboratorio capaces de demostrar la existencia o no del genoma en cada una de las muestras realizadas.

Tras la evaluación de las muestras, se compilarán los resultados y se realizará la interpretación y redacción de informes de respaldo que den fe del seguimiento de cada una de las muestras.

## 3. Resultados y discusión

### 3.1. Metodología empleada para la detección del SARS-CoV2 en aguas residuales.

El SARS-CoV-2 es un virus recubierto por una envoltura lipídica<sup>10</sup>, en la envoltura vírica se encuentran al menos tres estructuras proteicas: proteína M de membrana, proteína E cuya función principal es el ensamblaje viral, y la glicoproteína S en las espículas<sup>11</sup>. Actualmente el diagnósti-

co clínico del virus SARS-CoV-2 se realiza con técnicas de RTPCR (Reacción en cadena de la polimerasa con transcriptasa inversa) en tiempo real. Se recomienda hacerlo de forma secuencial.

En primer lugar, se utiliza una técnica de cribado para uno de los dos genes: el E o el N al nuevo coronavirus si resulta positiva se realiza una nueva RT-PCR de confirmación, frente a un fragmento genómico específico del COVID19, como es el gen RdRp (de la RNA polimerasa RNA-dependiente<sup>12</sup>). A favor de la técnica RT-PCR se señalan el buen desempeño analítico, los bajos límites de detección, el amplio rango lineal de cuantificación y la excelente precisión. A estas ventajas se unen la rapidez, amplia variedad de plataformas de amplificación y mínimo riesgo de contaminación<sup>13</sup>.

No existe hasta el momento un método estandarizado para la determinación del SARS-CoV2 en aguas residuales<sup>14</sup>, pese a su confirmación en las mismas, como se expresó antes. En la figura 2 se propone el procedimiento conceptual que se ha seguido. Primero se concentra el virus, para incrementar la sensibilidad de su detección en dicho medio<sup>15</sup>, realizando una separación de fa-

---

nible en: [https://analesranm.es/wpcontent/uploads/2019/numero\\_136\\_03/pdfs/ar136-rev01.pdf](https://analesranm.es/wpcontent/uploads/2019/numero_136_03/pdfs/ar136-rev01.pdf)

12 Organización Panamericana de la Salud (OPS). Directrices de laboratorio para la detección y diagnóstico de la infección con el nuevo coronavirus 2019 (2019-nCoV). 2020 [acceso: 10/06/2020]. Disponible en: <http://www.paho.org>

13 Rodríguez L, Montalvo MC, Sariego S, Bello M, Mora E, Kourí V, et al. Reacción en cadena de la polimerasa en tiempo real para la cuantificación del ADN del virus de la hepatitis B. *Rev Cubana Med Trop [Serie en internet]*. 2012 [acceso: 10/06/2020];64:290-303. Disponible en: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0375-07602012000300009&nrm=iso](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0375-07602012000300009&nrm=iso)

14 La Rosa G, Iaconelli M, Mancini P, Bonanno Ferraro G, Veneri C, Bonadonna L, et al. First detection of SARS-CoV-2 in untreated wastewaters in Italy. *Sci.Total Environ [Serie en internet]*. 2020 [acceso: 10/06/2020];736:139652. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139652>

15 Ahmed W, Angel N, Edson J, Bibby K, Bivins A, O'Brien JW, et al. First confirmed detection of SARS-CoV-2 in untreated wastewater in Australia: A proof of concept for the wastewater surveillance of COVID-19 in the community. *Sci Tot Environ*. 2020 [acceso: 10/06/2020];728:138764.

Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S246812532030087X>; <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138764>.

10 INFOMED. La Habana, Cuba. Los colutorios podrían ser útiles frente al SARS-CoV2020. *Al Día. Noticias de Salud*. [acceso: 06/03/2020]. Disponible en: <http://www.sld.cu>

11 Moroto MC, Piédola G. Los coronavirus. *Anales RANM. Año 2019*. 2020 [acceso: 03/06/2020]; 136(03):235-8. Dispo-

ses, por diferentes métodos: la extracción directa del ARN mediante membranas electronegativas, la ultrafiltración, el método de polietilenglicol (PEG 8000)<sup>16</sup> el PEG/dextrana<sup>17</sup>. Se afirma que es limitada la información científica disponible para la recuperación de virus recubiertos con los métodos de concentración existentes, con particular énfasis en el SARS-CoV-2, por lo que habrá que evaluar las eficiencias de recuperación para determinar cuáles son más efectivas<sup>18</sup>.

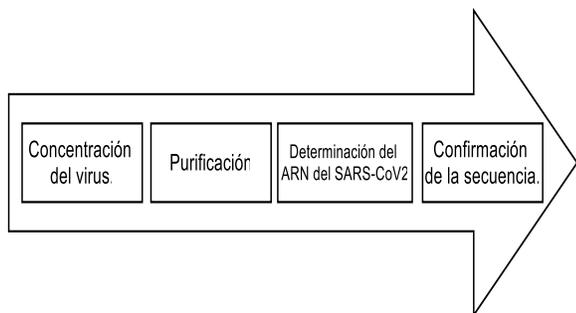


Figura 2. Esquema del proceso de determinación del Covid 19 en aguas residuales. Fuente: Revista cubana de medicina tropical (Cuba).

El método diseñado para establecer la concentración del virus PEG/dextrana en dos fases fue adaptado del procedimiento de la OMS para la vigilancia de Poliovirus. Las modificaciones fueron realizadas para adaptar el protocolo para virus con envoltura<sup>19</sup>. Luego de extraer el ARN viral,

se realiza la purificación de los ácidos nucleicos para evitar la inhibición. Posteriormente se lleva a cabo la detección del ARN del SARS-CoV-2, la cual ha sido realizada mediante secuenciación directa de productos qPCR o re-amplificación con PCR regular seguida de secuenciación<sup>20</sup>, mediante pruebas RT-PCR anidados, el adaptado para SARS-CoV-2 para la proteína de las espículas (el SARS-CoV-2Spike), el ensayo de alto rango CoV ORF1ab.

El nuevo método de ensayo, diseñado específicamente para este virus, que consiste en un PCR modificada (SARS-CoV-2ORF1ab). También se ha empleado el ensayo RT-qPCR (retro transcriptase quantitative PCR) en tiempo real, dirigido al gen RdRP, descrito por Corman y citado por La Rosa y otros. El nuevo ensayo diseñado (SARS-CoV-2ORF1ab) mostró una sensibilidad superior en el gen RdRp, con relación al dirigido al gen de las espículas (SARS-CoV-2 Spike).

En esta etapa se plantea la descripción de los resultados obtenidos durante la investigación con la finalidad de justificar la implementación de nuevas tecnologías previas y durante el tratamiento de las aguas residuales de la ciudad de Tarija. Tras el conocimiento e interpretación de todos los resultados, el equipo realizará un manual general de aplicación dirigido a los cuidados y protocolos de aplicación correspondientes a la reducción y/o control del genoma SARS-CoV2 o la COVID-19 en las aguas residuales del departamento de Tarija. Así también se realizarán recomendaciones puntuales a la planta depuradora de la ciudad. Esto con la finalidad de considerar el tratamiento de las aguas residuales que contengan carga del SARS-CoV2 o la COVID-19. Se propone realizar el siguiente proceso secuencial para el seguimiento a la reducción del genoma SARS-CoV2.

- ⊙ Generar un registro histórico de la evolución cualitativa de la concentración de virus SARS-CoV-2 desde la

16 Ahmed W, Angel N, Edson J, Bibby K, Bivins A, O'Brien JW, et al. First confirmed detection of SARS-CoV-2 in untreated wastewater in Australia: A proof of concept for the wastewater surveillance of COVID-19 in the community. *Sci Tot Environ*. 2020 [acceso: 10/06/2020];728:138764. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S246812532030087X>; <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138764>

17 La Rosa G, Iaconelli M, Mancini P, Bonanno Ferraro G, Veneri C, Bonadonna L, et al. First detection of SARS-CoV-2 in untreated wastewaters in Italy. *Sci.Total Environ* [Serie en internet]. 2020 [acceso: 10/06/2020];736:139652. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139652>

18 Kitajima M, Ahmed W, Bibby K, Carducci A, Gerba CP, Hamilton KA, et al. SARSCoV-2 in wastewater: State of the knowledge and research needs. *Sci Tot Environ* [Preprint.] 2020 STOTEN 139076 [acceso: 10/06/2020]:139076. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139076>

19 La Rosa G, Iaconelli M, Mancini P, Bonanno Ferraro G, Veneri C, Bonadonna L, et al. First detection of SARS-CoV-2 in untreated wastewaters in Italy. *Sci.Total Environ* [Serie en internet]. 2020 [acceso: 10/06/2020];736:139652. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139652>

20 Kitajima M, Ahmed W, Bibby K, Carducci A, Gerba CP, Hamilton KA, et al. SARSCoV-2 in wastewater: State of the knowledge and research needs. *Sci Tot Environ* [Preprint.] 2020 STOTEN 139076 [acceso: 10/06/2020]:139076. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139076>

primera semana de muestreo.

- ◉ Establecer los resultados referentes a la evolución semanal de SARS-CoV-2 en la EDAR.
- ◉ Realizar un diagrama de los niveles detectados en la entrada de la EDAR cada semana y su dispersión respectiva.
- ◉ Realizar un diagrama de los niveles detectados en la salida de la EDAR cada semana y su supervisión respectiva.
- ◉ Proponer la elaboración de un SIG con la información base de las zonas altamente vulnerables a ser zonas de alto contagio, entre estos hospitales, centros de salud y centro de terapia intensiva por COVID19.
- ◉ Informe técnico con las limitaciones de los métodos analíticos y ayuda a la interpretación de los resultados obtenidos.

### 3.2. Vigilancia epidemiológica de la Covid-19 mediante la detección del virus en aguas residuales para su reducción.

La presencia de individuos en la población, no identificados como positivos al virus, por estar asintomáticos o presintomáticos, constituye una fuente de infección para la comunidad.

Esto hace difícil la detección de su circulación en éstas, pues escapan de la vigilancia sanitaria<sup>21</sup>, por lo que se precisa el diseño de estrategias para la detección y vigilancia de los casos asintomáticos o presintomáticos. Una opción podría ser la vigilancia epidemiológica basada en aguas residuales.

21 Rodríguez-Labrada R, Vazquez-Mojena Y, Velázquez-Pérez L. Transmisión asintomática y presintomática del SARS-CoV-2: la cara oculta de la COVID-19. *Anales de la Academia de Ciencias de Cuba*. 2020 [acceso: 10/06/2020];10(2: especial COVID-19). Disponible en: <http://revistaccuba.sld.cu/index.php/revacc/article/view/770/807>

Se estudia la factibilidad de sistemas de vigilancia de la prevalencia de la COVID-19 en poblaciones usando la epidemiología basada en aguas residuales<sup>22</sup>. El hallazgo del virus en el alcantarillado, aun cuando la prevalencia de la COVID-19 haya sido baja, indica que la epidemiología basada en aguas residuales pudiera ser una herramienta para el monitoreo de la circulación del virus en la población<sup>23</sup>, como se mostró ya con el poliovirus y la hepatitis A.

Sin embargo, aún no se ha probado la transmisión del SARS-CoV-2 a partir de aguas residuales, porque es limitado aun el conocimiento científico acerca del rol de las mismas en la transmisión de la enfermedad, debido a incertidumbres en cuanto a: conocimiento en su ocurrencia, persistencia y eliminación en aguas residuales. La implementación de un sistema de vigilancia epidemiológica basado en aguas residuales ayudaría a la identificación de individuos infectados en poblados, ciudades y en áreas específicas de drenaje.

A nivel nacional e internacional ayudaría a comprender mejor la dinámica temporal y espacial de la prevalencia de enfermedades, la epidemiología molecular y la evolución del virus, así como la eficacia de las intervenciones de salud pública. Son numerosas las enfermedades que pueden transmitirse a través del agua, mediante diferentes organismos patógenos (helmintos, protozoos, bacterias y virus).

En las provocadas por virus destacan: las hepatitis A y E, la gastroenteritis, la meningitis, infecciones respiratorias (adenovirus)<sup>24</sup>. La calidad sa-

22 Hart OE, Halden RU. Computational analysis of SARS-CoV-2/COVID-19 surveillance by wastewater-based epidemiology locally and globally: Feasibility, economy, opportunities, and challenges. *Sci Tot Environ [Serie en internet]*. 2020 [acceso: 10/06/2020];730(138875). Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138875>

23 Medema G, Heijnen L, Elsinga G, Italiaander R, Brouwer A. Presence of SARS-Coronavirus-2 in sewage. *MedRxiv*. [Serie en internet]. 2020 [acceso: 10/06/2020]. Disponible en: <http://medrxiv.org/content/early/2020/03/30/2020.03.29.20045880>

24 González MI, Chiroles S. Uso seguro y riesgos microbiológicos del agua residual para la agricultura *Rev Cubana Salud Pública*. [Serie en internet]. 2010 [acceso: 10/06/2020];37(1):61-73. Disponible en: <http://scielo.sld.cu/>

nitaria del agua se establece acorde a la presencia de coliformes termotolerantes y *E. coli*, en base a los valores máximos admisibles, tanto para agua potable<sup>25</sup> como para aguas residuales<sup>26</sup>. En las últimas se regulan dichos valores según la clasificación cualitativa de los receptores.

Los coliformes termotolerantes y *E. coli* han sido seleccionados como indicador sanitario de microorganismos del agua porque se liberan continuamente y en gran cantidad al medio ambiente, provenientes de los intestinos humanos y animales, mantienen su vitalidad en el medio externo durante mayor período de tiempo que los microorganismos patógenos, son más resistentes al cloro que los causantes de una gran mayoría de infecciones.

La presencia de coliformes en agua indica su contaminación fecal, y la cantidad presente de estos permite juzgar acerca del grado de contaminación; sería contraproducente la determinación cuantitativa directa de los causantes de todas las infecciones debido a la diversidad de estos y a los trabajosos análisis<sup>27</sup>.

No obstante, se asegura que se pueden usar también indicadores virales de contaminación, uno que mantenga niveles constantes en aguas residuales pudiera servir como representante para el tamaño de población cuando se emplea la epidemiología basada en aguas residuales para estimar la proporción de población infectada durante un brote epidémico o pandémico, lo cual está sujeto a futuras investigaciones, no obstante, se señalan a los mastadenovirus humanos como candidatos por su fácil detección, culturabilidad y alta prevalencia en aguas residuales y en medios contaminados<sup>28</sup>.

El empleo de herramientas computacionales y la modelación pueden contribuir a la vigilancia epidemiológica del virus en aguas residuales, a diferentes escalas espaciales, sin reemplazar los análisis clínicos, constituyendo una vía más rápida, menos costosa y potencialmente robusta para el seguimiento del SARS-CoV-2. Hart y Halden usaron para ello distintas ecuaciones y programas existentes, algunos empleados anteriormente con otros objetivos y adaptados según los datos publicados disponibles, aunque tuvieron que asumir valores tales como: la persistencia del virus durante su desplazamiento por las tuberías, la cantidad de genes detectados mediante análisis molecular por litros de aguas residuales, entre otros. Para el análisis de costo solamente consideraron los referentes a los reactivos utilizados por ensayo<sup>29</sup>.

El uso de simulaciones de Monte Carlo permitió determinar el número de individuos infectados en una cuenca. Los resultados obtenidos se correspondieron de modo razonable con las observaciones clínicas<sup>30</sup>. El simulador EPANET tiene potencial para ser usado para evaluar la calidad del agua potable que se distribuye, considerando focos de potenciales contaminantes.

El programa tiene la posibilidad de incorporar mapas con sistemas de distribución de agua. Pueden variarse características del agua, la temperatura, por ejemplo. También se puede variar la composición de determinado contaminante. Ha-

---

vironment. Water Res. [Serie en internet] 2020 [acceso: 10/06/2020];181:115926. Disponible en: <https://10.1016/j.watres.2020.115926>

29 Lodder W, de Roda Husman AM. SARS-CoV-2 in wastewater: potential health risk, but also data source. *Lancet Gastroenterol Hepatol* [Serie en internet]. 2020 [acceso: 10/06/2020];5(6):533-4. Disponible en: [https://doi.org/10.1016/S2468-1253\(20\)30087-X](https://doi.org/10.1016/S2468-1253(20)30087-X)

30 Ahmed W, Angel N, Edson J, Bibby K, Bivins A, O'Brien JW, et al. First confirmed detection of SARS-CoV-2 in untreated wastewater in Australia: A proof of concept for the wastewater surveillance of COVID-19 in the community. *Sci Tot Environ*. 2020 [acceso: 10/06/2020];728:138764. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S246812532030087X> ; <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138764>.

---

sciELO.php?script=sci\_arttext&pid=S0864-34662011000100007

25 Norma Boliviana 512 (2004). Agua potable-Requisitos, Estado plurinacional de Bolivia. p. 15.

26 Norma Boliviana 689 (2004). Instalaciones sanitarias – alcantarillado pluvial, sanitario y tratamiento de aguas residuales. p. 12..

27 Kariújina TA, Gurbanova IN. Química del agua y microbiología. Moscú, URSS: Stroyizdat; 1995.

28 Farkas K, Walker DI, Adriaenssens EM, McDonald JE, Hillary LS, Malham SK, et al. Viral indicators for tracking domestic wastewater contamination in the aquatic en-

bría que introducir datos específicos del SARS-CoV-2. También puede usarse Matlab combinado con AutoCAD y/o con sistemas de información geográficos.

Personal	Salario	Meses	Total
Director/responsable del proyecto	7000	6	42000
Especialista laboratorista.	5500	6	33000
Técnico especialista en toma de muestras	5500	6	33000
Técnico biólogo y recursos hídricos	5500	6	33000
Técnico de apoyo - chófer	3000	6	18000
Total, salarios del proyecto (Bs)			159000

Tabla 1. Estimación de recursos económicos para el personal. Fuente: Elaboración propia.

Personal	Monto	Meses	Total
Kit portátil de análisis	5000	1	5000
Análisis de laboratorio	2500	6	15000
Reactivos	3500	6	21000
Equipo d bioseguridad	12500	2	25000
Equipos de oficina	60000	1	60000
Material de escritorio	25000	2	50000
Total, materiales necesarios (Bs)			221000

Tabla 2. Estimación de recursos económicos para ensayos y material de investigación. Fuente: Elaboración propia.

Personal	Monto	Meses	Total
Limpieza y mantenimiento de oficina	800	4	3200
Mantenimiento de vehículo	700	4	2800
Total, monte necesarios (Bs)			6000

Tabla 3. Estimación de recursos económicos para limpieza y mantenimiento. Fuente: Elaboración propia.

### 3.2.1. Recursos financieros necesarios.

Los recursos necesarios para desarrollar la investigación son los siguientes:

Ascendiendo a un monto total de proyecto de: 386000 bolivianos, (trescientos ochenta y seis mil con 00/100 bolivianos), equivalentes a 55,380.20 dólares americanos.

#### 3.2.1.1. Cronograma de actividades

Fases de la Investigación	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6
Primer Fase – Presentación de la investigación.						
Segunda Fase – Aprobación de la investigación						
Tercera Fase – Ejecución de la investigación						
Cuarta Fase – Descripción de los resultados y metodologías de aplicación.						

Figura 3. Cronograma del desarrollo de la investigación. Fuente: Elaboración propia.

## 4. Conclusiones y recomendaciones

Podemos concluir los siguientes criterios.

### 4.1. Conclusiones:

- ⊙ La comparación de estas fuentes bibliográficas nos hace entender que nuestro país aún está lejos de implementar este tipo de medidas preventivas ante la propagación de este virus, ya que poco y nada se hace respecto a este tema, el poco interés está orientado tanto al gobierno nacional, universidades estatales y entidades privadas.
- ⊙ Según revisión bibliográfica, se ha identificado que el SARS-CoV2 ha sido detectado en heces fecales e hisopados rectales de pacientes activos y fallecidos por esta enfermedad y que la vida de transmisión principal es la vía fecal-oral.
- ⊙ El método propuesto para identificación del genoma en las aguas residuales, es un método adecuado no así estandarizado.
- ⊙ Los futuros estudios deben valorar la efectividad de las operaciones y procesos de tratamiento de agua en la eliminación de este virus.
- ⊙ Si bien se habla de la identificación de este genoma, se requiere hacer estudios de infectividad y de prevalencia del virus en aguas residuales, receptores de éstas y aguas tratadas.
- ⊙ Es muy importante señalar que la epidemiología basada en aguas residuales pudiera ser una herramienta para el monitoreo de la presencia y circulación del virus en la población.

### 4.2. Recomendación:

- ⊙ Recomendamos profundizar los estudios respecto a la adaptación del genoma SARS-CoV2 en las masas de aguas superficiales, en especial en las aguas servidas por ser objeto de estudio de la presente investigación.
- ⊙ Es necesario mencionar que se deben profundizar estudios en los cuerpos receptores de las aguas tratadas en la EDAR de la ciudad de Tarija, esto con la visión de identificar la presencia o ausencia del genoma en estudio.
- ⊙ Se insta a las instituciones públicas y privadas invertir en este tipo de estudios, ya que es de mucha importancia y de bien común detener/eliminar o frenar de buena manera la longevidad temporal de esta pandemia que está cobrando muchas vidas.

## 5. Bibliografía

- 📖 Centers for Disease Control and Prevention, C. (2020). Hoja informativa sobre el síndrome agudo severo respiratorio: Información sobre el SARS. <http://www.cdc.gov/ncidod/sars/factsheet.htm>.
- 📖 CSIC, M. d. (2020). INFORME SOBRE TRANSMISIÓN DEL SARS-CoV-2 EN PLAYAS Y PISCINAS. [https://www.csic.es/sites/default/files/informe\\_playaspiscinas\\_csic.pdf](https://www.csic.es/sites/default/files/informe_playaspiscinas_csic.pdf), 17.
- 📖 Guan Y.Zheng BJ, He YQ, Liu XL, Zhuang ZX, Cheung. (2003). Aislamiento y caracterización de virus relacionados con el coronavirus del SARS de animales en el sur de China. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12958366/>.

- 🔖 Gundy, P. G. (2008). Survival of Coronaviruses in Water and Wastewater. Departamento de Ciencias del Suelo, Agua y Medio Ambiente, Universidad de Arizona, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7091381/#CR5>.
- 🔖 Infosalus. (2018). ¿Cuál es la temperatura corporal normal? <https://www.infosalus.com/asistencia/noticia-cual-temperatura-corporal-normal-20150629093910.html>.
- 🔖 ONU, O. d. (2010). Mar Aral. Noticias ONU, 1.
- 🔖 Organización Mundial de la Salud, O. (2020). Preguntas y respuestas sobre la enfermedad por coronavirus (COVID-19). <https://www.who.int/es/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019/advice-for-public/q-a-coronaviruses>.
- 🔖 periódico, E. (2 de marzo de 2021). Sociedad de Ingenieros cuestiona el estudio de AETOS para la PTAR de San Luis. El periódico, pág. 1.
- 🔖 The New England Journal of Medicine, T. (17 de Marzo de 2020). Aerosol and Surface Stability of SARS-CoV-2 as Compared with SARS-CoV-1. The New England Journal of Medicine Medicine, pág. <https://www.nejm.org/doi/full/10.1056/NEJMc2004973>.
- 🔖 Barreto Torrella, S. I. (2020). COVID-19 y aguas residuales. Revista Cubana de Medicina Tropical, 72(3).

# ARTÍCULO 10

Recibido: 22/4/2022

Aprobado: 14/6/2022

# Evaluación del rendimiento del Locote (*Capsicum Annuum* l.) con la aplicación de diferentes dosis de Boro.

*Yield evaluation of peppers (*Capsicum Annuum* l.) with the application of different doses of Boron.*

Armadans, A (ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9983-3472>) <sup>1\*</sup>; Martínez, A<sup>2\*</sup>; Britos, U (ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4905-3747>) <sup>3\*</sup>; Rojas, M (ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7302-364x>) <sup>4\*</sup>,  
Martínez, G<sup>5\*</sup>.

<sup>1</sup> **Correspondencia del autor(es):** [andresarm@hotmail.com](mailto:andresarm@hotmail.com)

\* *Universidad San Carlos-Paraguay*

## Resumen

El experimento se realizó en la ciudad de Eusebio Ayala, Departamento de Cordillera, compañía Isla, cuyas coordenadas son Latitud 28°35'16" S, Altitud 52°94'35" W. El objetivo general fue evaluar el rendimiento del locote con la aplicación de diferentes dosis de boro. Los objetivos específicos fueron determinar la dosis de boro que genera mayor rendimiento en kg por unidad experimental, peso del fruto. La población estuvo compuesta de 720 plantas de locote Nathalie, con 180 plantas por tratamiento, con un ancho de 1,25 m de ancho por 12,5 m de largo, 45 plantas por unidad experimental (16 unidades experimentales). En un área total de 50 m de largo y 6,5 m de ancho (325 m<sup>2</sup>). El diseño utilizado en esta investigación fue de diseño en Bloques completamente al Azar (DBCA). Se tuvo 4 tratamientos (T1 20cc/10 lt H<sub>2</sub>O T2 30 cc/10 lt. H<sub>2</sub>O; T3 50cc/ 10lt H<sub>2</sub>O y T4 testigo) y 4 repeticiones. Totalizando 16 unidades experimentales. Las variables estudiadas fueron: peso del fruto (gr) y rendimiento por UE (kg/UE). Para la recolección de datos se utilizó una población de 5 plantas por tratamiento, por repetición. De acuerdo a los resultados y análisis realizados se concluyó que, Los tratamientos T2 30 cc/10 lt. Agua y T3 50cc/ 10lt agua presentaron los mejores

resultados en el peso del fruto con 134,25 gr y 133,75 gr; y también en el rendimiento con 85,75 kg/15,6 m<sup>2</sup> y 83,5 kg/15,6 m<sup>2</sup> respectivamente.

**Palabras claves:** Boro, Rendimiento, Peso fruto, Locote.

## Abstract

The experiment was carried out in the city of Eusebio Ayala, Department of Cordillera, Isla area, with coordinates Latitude 28°35'16" S, Altitude 52°94'35" W. The general objective was to evaluate the yield of peppers with the application of different doses of boron. The specific objectives were to determine the boron dose that generates the highest yield in kg per experimental unit and fruit weight. The population consisted of 720 Nathalie peppers plants, with 180 plants per treatment, with a width of 1.25 m wide by 12.5 m long, 45 plants per experimental unit (16 experimental units). In a total area of 50 m long and 6.5 m wide (325 m<sup>2</sup>). The design used in this research was a completely randomized block design (CBABD). There were 4 treatments (T1 20cc/10 l H<sub>2</sub>O; T2 30 cc/10 l H<sub>2</sub>O; T3 50cc/10 l H<sub>2</sub>O and T4 control) and 4 replicates. Totaling 16 experimental units. The variables studied were: fruit weight (gr) and yield per EU (kg/UE). A population of 5

plants per treatment, per replicate, was used for data collection. According to the results and analysis carried out, it was concluded that the treatments T2 30 cc/10 l water and T3 50 cc/10 l water showed the best results in fruit weight

**Keywords:** Boron, Performance, Fruit weight, Crazy

## 1. Introducción

Para poder cumplir con el estándar de calidad, es necesario un adecuado programa de nutrición para suplir las necesidades del cultivo, disminuyendo el impacto ambiental.

El boro es absorbido por la planta principalmente bajo la forma de ácido bórico sin disociar,  $H_3BO_3$ , representado con mayor exactitud como  $B[OH]_3$  (Cooman, et al. 2015).

Alarcón (2014) El boro es transportado vía xilema, pero se retransporta con dificultad vía floema, con lo que no emigra desde las hojas hasta los nuevos puntos de crecimiento (frutos, meristemas, hojas en formación), donde existe la necesidad de un suministro regular de éste y todos los nutrientes.

La aplicación foliar de microelementos como el B en etapas de floración, cuajado y formación de fruto ayuda a disminuir la pérdida de flores y frutos, además de activar la elongación de tallos, tubo polínico y frutos (Marschner, 2012). El boro (B) está ligado al crecimiento meristemático, la biosíntesis de las paredes celulares, en el funcionamiento de la membrana celular, en el transporte de auxina (AIA) y en el metabolismo de carbohidrato. El funcionamiento de este micronutriente es fundamental para los tejidos meristemáticos. (Tariq & Mott, 2007), (Araújo; Silva, 2012). Además, Pavinato (2016), comenta que, entre sus funciones, se destaca la participación en el estiramiento celular, por formar parte de los polisacáridos de la pared celular, siendo su desorden nutricional perjudicial para el crecimiento. Botta *et al.* (2017) comenta que la aplicación de Boro incrementa el cuajado y los rendimientos en frutos diversos. Hasta ahora, las evidencias han indicado que la esencialidad del boro en las plantas está relacionada con su capacidad para

formar puentes diésteres con grupos cis-diol para producir moléculas estables como el complejo B-ramnogalacturonano II fundamental en la estructura de la pared celular

Según Vásquez (2007), el boro está en el transporte de los azúcares a través de las membranas celulares, fortalece las membranas celulares y participa activamente en la fertilidad y germinación del polen, así como en la formación del tubo polínico.

El exceso de boro tiene la capacidad de reducir la actividad de enzimas fotosintética, afecta los cloroplastos, consecuentemente reduciendo los tenores de fotoasimilados y de sólidos solubles en el pseudofrutos (Han *et al.*, 2009; Simón *et al.*, 2013).

Ya Zuñiga, D (2015) trabajo con dos híbridos Quetzal y Bengal y se estudiaron cinco dosificaciones de boro con 0 - 0,5 - 1 - 1,5 - 2,0 litros por hectárea, se evaluaron rendimiento (kg/ha) y peso del fruto (gr). Se concluyó que utilizando una dosis de  $0,5 \text{ lt. ha}^{-1}$  fue el tratamiento que presentó los mayores valores en rendimiento ( $37,017 \text{ tn. ha}^{-1}$ , peso del fruto 111 gr.

Evaluando el efecto foliar de dos dosis de boro en el rendimiento de 8 variedades de pimiento (*Capsicum annum L.*), en invernadero, concluyó que la dosis de  $0.4 \text{ g. ha}^{-1}$  fue el que presentó los mejores resultados sobre las diferentes variables estudiadas como ser grosor de pericarpio con 4.4 mm, diámetro ecuatorial con 71.29 mm, peso del fruto 209.3 gr y el rendimiento de  $44.516,06 \text{ kg. ha}^{-1}$ , también presentó el mayor B/C con 2.26. (Huilcarema Gualan, M, 2020)

Montesdeoca Quintuña, C (2016) trabajando con boro en el cultivo de locote, cuyo tratamientos estudiados consistieron en cinco niveles de bórax aplicados al suelo (0, 1, 2, 3 y  $4 \text{ kg. ha}^{-1}$ ) y cinco niveles aplicados por vía foliar (0.0, 0.1, 0.2, 0.3, y 0,4 %), Se concluyó que no se observó diferencia estadística significativa en las variables de diámetro con una media de 14.78, mm y un peso promedio de fruto de 53 gr.

El objetivo general fue evaluar el rendimiento del locote ( $\text{kg}/15,6 \text{ m}^2$ ) y el peso del fruto (g) con la aplicación de diferentes dosis de boro.

## 2. Materiales y Métodos

La investigación se realizó en la ciudad de Eusebio Ayala, Departamento de Cordillera, cuyas coordenadas son Latitud 28°35'16" S, Altitud 52°94'35" W. Durante el periodo del cultivo correspondiente a los meses de junio a octubre la precipitación fue de 113,24 mm y una temperatura media de 22,38 °C. Los resultados indicaron que el pH del suelo fue de 5,70 y porcentaje de materia orgánica de 1,03 %.

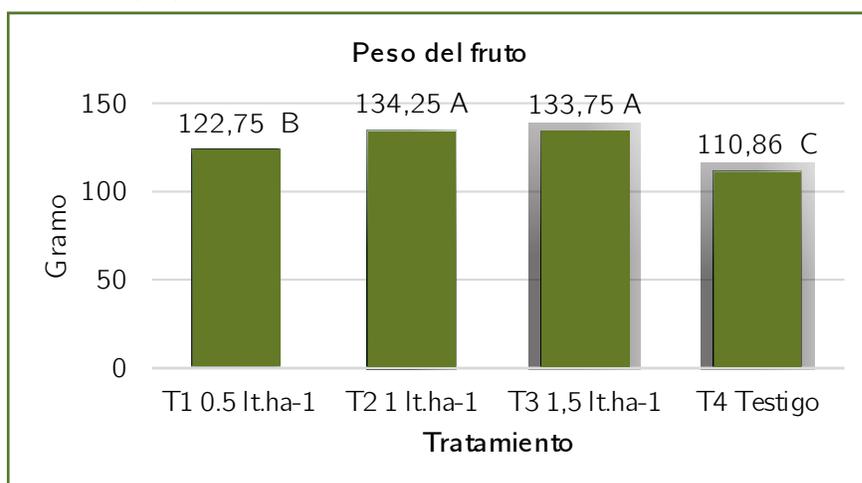
La población estuvo compuesta de 720 plantas de locote var. Nathalie, con 180 plantas por tratamiento, con un ancho de 1,25 m de ancho por 12,5 m de largo, 45 plantas por unidad experimental (16 unidades experimentales). En un área total de 50 m de largo y 6,5 m de ancho (325 m<sup>2</sup>).

Las variables que se evaluaron fueron: peso promedio del fruto, rendimiento en kg por unidad experimental (15,6 m<sup>2</sup>).

El diseño utilizado fue Bloques completamente al Azar (DBCA), compuesto por 4 tratamientos, T1 0.5 lt.ha<sup>-1</sup>, T2 1 lt.ha<sup>-1</sup>, T3 1,5 lt.ha<sup>-1</sup> y T4 testigo y 4 repeticiones. Totalizando 16 unidades experimentales. Se utilizó un fertilizante mineral líquido con boro etanolamina, con una concentración de 11% de boro.

## 3. Resultados y Discusiones

### 3.1. Peso del fruto (gr) de locote.



(\*) Medias con letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

Gráfico 1: Peso (gr) del fruto de locote en respuesta a diferentes dosis de boro. Paraguay 2022.

Las aplicaciones se iniciaron al inicio de la floración, aplicándose cada 8 días completando 10 aplicaciones. La corrección de suelo se realizó con Cal agrícola Dolomítica (600lg.ha<sup>-1</sup>), gallinaza 6.000 kg.ha<sup>-1</sup>, Urea 133 kg.ha<sup>-1</sup>, Superfosfato simple 326kg.ha<sup>-1</sup>, cloruro de potasio 166 kg.ha<sup>-1</sup>. Se realizaron tratamientos fitosanitarios utilizando abamectina, Carbendazim, Cipermetrina, Tebucunazole, para el control de acaro, insectos, enfermedades fungosas.

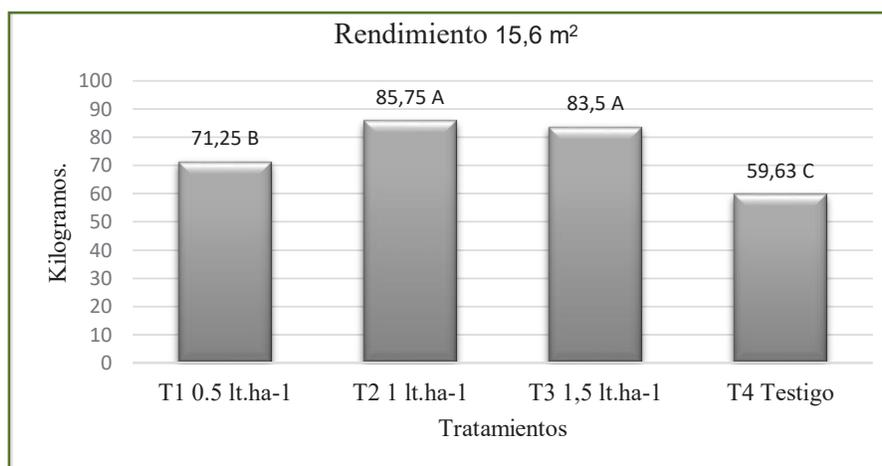
El fertirriego se realizó cada dos días, inicialmente con nitrato de calcio (0,5 gr/planta) y MAP (0,5 gr/planta) hasta la floración, una vez llegado a esta etapa se procedió a la aplicación de sulfato de magnesio y sulfato de potasio con dosis de 0,5 gr/planta cada uno. También la aplicación de fertilizante 15-15-15 acompañado de cal. La cosecha se inició a los 90 días después de la siembra de manera manual por unidad experimental de cada tratamiento. Posteriormente se realizó el levantamiento de datos, los cuales fueron sometidos a un análisis de varianza (ANAVA) para determinar las medias de los tratamientos y los bloques. Estos resultados fueron sometidos a un test de Tukey al 5% de probabilidad de error.

Como se puede observar en el gráfico 1, se presentaron diferencias estadísticas entre los tratamientos, donde los tratamientos T2 (1 lt.ha-1) con 134.25 gr y T3 (1,5 lt.ha-1) con 133.75 gr. Son estadísticamente iguales entre si y diferente a los demás tratamientos. Esto se debería a la aplicación de boro en forma continua, durante los períodos de crecimiento del cultivo y de los frutos, no sólo incrementa la producción por número de frutos, si no también mejora su peso.

Este resultado no concuerda con lo obtenido con Zuñiga (2015) quien observo el mejor peso de fruto con 0.5 lt.ha-1, ni con Huilcarema, M (2002) quien también obtuvo el mayor peso de fruto (209,9 gr) con la aplicación de 0.4 gr.ha-1

### 3.2. Rendimiento (kg) por unidad experimental (15,6 m<sup>2</sup>)

Como se observa en el gráfico 2, se presentó diferencias estadísticas entre los tratamientos, donde los tratamientos T2 (1 lt.ha-1) con 85.75 kg/15,6 m<sup>2</sup> o 54,96 tn.ha-1 y T3 (1,5 lt.ha-1) con 83.5 kg/15,6 m<sup>2</sup> o 53.52 tn.ha-1. Son estadísticamente iguales entre si y diferente a los demás tratamientos. Esto se debería a la aplicación de boro en forma continua, durante los períodos de crecimiento del cultivo y de los frutos, el cual incrementa la producción por número de frutos, también mejora su peso



(\*) Medias con letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Gráfico 2: Rendimiento de locote (kg/ue) en respuesta a diferentes dosis de boro. Paraguay 2022.

Este resultado no concuerda con lo obtenido con Zuñiga (2015) quien observo el mejor rendimiento por hectárea con una dosis de 0.5 lt.ha<sup>-1</sup> y con 37.01 tn.ha<sup>-1</sup>, ni con Huilcarema, M (2002) quien también obtuvo el mayor rendimiento por hectárea (44.5 tn.ha<sup>-1</sup>) con la aplicación de 0.4 gr.ha<sup>-1</sup>.

## 4. Conclusiones

Se pudo concluir que el boro influye en las variables estudiadas.

Los tratamientos T2 30 cc/10 lt. Agua y T3 50cc/ 10lt agua presentaron los mejores resultado en el peso del fruto con 134,25 gr y 133,75 gr respectivamente; y también en el rendimiento por UE (Unidad experimental) con 85,75 kg/15,6 m<sup>2</sup> y 83,5 kg/15,6 m<sup>2</sup> respectivamente.

## 5. Bibliografía

- Alarcón, A. 2001. El boro como nutriente esencial. parte i: aspectos fisiológicos y dinámica en suelo. Dpto. Producción Agraria. Área Edafología y Química Agrícola. ETSIA. Universidad Politécnica de Cartagena.
- Araújo, E.; Silva, M. 2012. Interação boro e zinco no crescimento, desenvolvimento e nutrição do algodoeiro. Revista Brasileira de Ciências Agrárias, v. 7, supl., p. 720-727. <http://dx.doi.org/10.5039/agraria.v7isa1848>.

- Botta, A., Marcón, M., Marín, C., Sierras, N., Carrión, M., Piñol, R. 2017. Mejora en 18 cuajado y calibre tras la aplicación de Boro con aminoácidos en diferentes cultivos. XI Congreso SECH. Actas de Horticultura N° 48. Sociedad Española de Ciencias Hortícolas. ISBN: 978-84-690-5619-6
- Cooman, A., Torres, C., Fischer, G. 2015. Determinación de las causas del rajado del fruto de uchuva (*Physalis peruviana* L.) bajo cubierta. II. Efecto de la oferta de calcio, boro y cobre. Universidad Nacional de Colombia Bogotá, Colombia. *Agronomía Colombiana*, vol. 23, núm. 1, , pp. 74-82
- Han, S.; Tang, N.; Jiang, H.; Yang, L.; LI, Y; Chen, L. 2009. CO<sub>2</sub> assimilation, photosystem II photochemistry, carbohydrate metabolism and antioxidant system of citrus leaves in response to boron stress. *Plant Science*, v. 176, n.2, p.143- 153.
- Huilcarema Gualan, M 2020. Efecto foliar de dos dosis de boro en el rendimiento de ocho variedades de pimiento (*Capsicum annuum* l.) en invernadero. Trabajo presentado como requisito para obtener el título de Ingeniera Agrónoma. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Facultad de Recursos Naturales. Escuela de Ingeniería Agronómica. Riobamba- Ecuador. 89 p.
- Marschner, H. 2012 *Mineral nutrition of higher plants*. 3.ed. San Diego: Academic Press. 651p.
- Montesdeoca Quintuña, C 2016. Efecto de la aplicación foliar y edáfica con varias dosis de boro en pimiento (*Capsicum annuum* l.) en el cantón la Troncal. Trabajo de titulación proyecto de investigación para titulación de grado presentada como requisito para obtener el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad de Guayaquil. Facultad de Ciencias Agrarias. Guayaquil – Ecuador 2016 63 p.
- Pavinato, P., Aguiar, A., Amaral, G. y Costa, C. 2016. Boro Em Arroz De Terras Altas Cultivado em Solução Nutritiva Bragantia, vol. 68, núm. 3 Instituto Agronômico de Campinas Campinas, Brasil. pp. 743-750
- Simón, I.; López, L.; Gimeno, V.; Nieves, M.; Pereira, W.; Martínez, V.; Lidon, V.; Sánchez, F. 2013. Effects of boron excess in nutrient solution on growth, mineral nutrition, and physiological parameters of *Jatropha curcas* seedlings. *Journal Plant and Soil Science*, v. 176, p.165-174.
- Tariq, M.; Mott, C. J. B. 2007. Effect of Boron on the behavior of nutrients in soil-plant systems – A Review. *Asian Journal of Plant Sciences*, v.6, n.1, p.195-202. <https://scialert.net/abstract/?doi=ajps.2007.195.202>. DOI: 10.3923/ajps.2007.195.202
- Vásquez, N. 2007. Evaluación del efecto de 4 fuentes de Boro foliar en el rendimiento del cultivo del tomate (*Solanum lycopersicum*, Solanaceae) a c a m p o abierto en la laguna, El Progreso, Tutiapán. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC.
- Zuñiga Kanki, D 2015 Determinación de dosis optimas de boro en dos híbridos de pimiento (*Capsicum annuum* L.). Tesis presentada a la Universidad de Guayaquil, Facultad de Ciencias Agrarias para la obtención de Ingeniero Agrónomo. Milagro – Ecuador 68 p.

# ARTÍCULO 11

Recibido: 11/5/2022  
Aprobado: 15/6/2022

# Influencia del ingreso familiar en el uso de los diferentes tipos de ducha (calefón a gas y ducha eléctrica) en la ciudad de Tarija

*Influence of family income on the use of different types of shower (gas heating and electric shower) in the city of Tarija*

Roxana Alemán Castillo <sup>1</sup> Ronald León Solíz <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidad Autónoma Juan Misael Saracho, Departamento de Estadística, Departamento de Estadística

<sup>2</sup> Universidad Autónoma Juan Misael Saracho, Departamento de Estadística, Departamento de Informática y Sistemas

**Correspondencia del autor(es):** [roxana.aleman@uajms.edu.bo](mailto:roxana.aleman@uajms.edu.bo)<sup>1</sup>, [ronald.leon.soliz@uajms.edu.bo](mailto:ronald.leon.soliz@uajms.edu.bo)<sup>2</sup>.

## Resumen

La investigación se realiza con el objetivo de determinar la relación entre el ingreso familiar y los diferentes tipos de ducha (calefón a gas y ducha eléctrica) en la ciudad de Tarija. La recopilación de la información se realizó a través de cuestionarios aplicados por estudiantes universitarios en coordinación con docentes de las materias de Estadística e Informática. Para comprobar la hipótesis se utilizó el modelo de la chi cuadrada y la distribución espacial de los casos en los 11 distritos de la ciudad de Tarija. Los resultados muestran que se rechaza la hipótesis nula de independencia, por lo tanto, el uso de calefón de gas y de ducha eléctrica está relacionado con ingreso familiar, observándose que a mayor ingreso es mayor la probabilidad de que las familias usen calefón, por otra parte, la intensidad de la asociación se determina por la medida V de Cramer con un 34,6% podemos afirmar que es moderada.

**Palabras clave:** Ingreso familiar, chi cuadrada, prueba de hipótesis.

## Abstract

The research is carried out with the objective of determining the relationship between family income and the different types of showers (gas water heater and electric shower) in the city of Tarija. The collection of information was carried out through questionnaires applied by university students in coordination with teachers of the subjects of Statistics and Computer Science. To test the hypothesis, the chi-square model and the spatial distribution of cases in the 11 districts of the city of Tarija were obtained. The results show that the null hypothesis of independence is rejected, therefore, the use of gas water heaters and electric showers is related to family income, observing that the higher the income, the greater the probability that families use water heaters, on the other hand. On the other hand, the intensity of the association is determined by Cramer's V measure with 34.6%, we can affirm that it is moderate.

**Key words:** Family income, chi square, hypothesis test

## 1. Introducción

Los servicios públicos de suministro de agua para consumo humano, electricidad y gas domiciliario son fundamentales para la población y desempeñan un papel esencial en el desarrollo económico de las ciudades y el bienestar de las familias.

De acuerdo a Quispe (2019), el consumo energético familiar en nuestro país muestra que un 91,9% de los hogares cuentan con electricidad y un 23,1% con gas natural, en Tarija se estima que en el año 2020 de acuerdo al INE un 50% de los hogares de la ciudad de Tarija tendrán gas domiciliario.

Los estudios relacionados con el uso de duchas eléctricas y calefón en Bolivia, en los últimos años se refieren a la cuantificación del cambio de la matriz energética residencial en la ciudad de La Paz (Quispe, 2019) y un análisis de la modernidad en las ciudades bolivianas con el ingreso de los calefones para agua caliente y el remplazo a los tradicionales “Lorenzetti” (marca de duchas eléctricas) entre otras, como mejoras en la calidad de la vivienda (Mazurek, 2020). En el ámbito de la ciudad de Tarija la investigación “Análisis estadístico de electrodomésticos utilizados en la ciudad de Tarija 2020” (Alemán, 2020) realiza una cuantificación de los principales artefactos eléctricos con que cuenta cada familia, la estimación del pago mensual promedio de energía eléctrica por familia, determinándose también la proporción del uso de ducha eléctrica (47,7% de las familias) y de calefón a gas (31% de las familias) mientras que no se utiliza ducha eléctrica o calefón a gas (21% de las familias). Este artículo toma la información del estudio realizado en la ciudad de Tarija y se centra en determinar la relación que existe entre los ingresos familiares de los ciudadanos de Tarija y el uso de las diferentes alternativas de ducha (eléctrica o calefón a gas) esto con el uso de técnicas estadísticas adecuadas para el análisis.

## 2. Materiales y metodos

El análisis estadístico se realiza en el espacio geográfico de la ciudad de Tarija, el periodo de la investigación corresponde desde noviembre de 2019 a noviembre de 2020, durante el periodo se encuesta a 484 familias a través de la persona que paga los servicios de energía eléctrica, a partir de una población determinada de 62000 usuarios de energía eléctrica en la ciudad de Tarija (Alemán, 2020).

En primer lugar, se comprueba si los datos cumplen los supuestos de normalidad Kolmogorov-Smirnov y homocedasticidad (Prueba de Levene) para aplicar pruebas paramétricas (Guerrero, Cabrera y Belmonte, 2019).

Pruebas de Normalidad							
	Tipo de ducha	Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
		estadístico	GI	Sig.	estadístico	GI	Sig
¿A cuanto ascienden los ingresos de la familia aproximadamente?	Ducha electrica	,223	231	,000	,464	231	,000
	Calefon a gas	,174	150	,000	,869	150	,000
	Ninguno	,110	103	,004	,942	103	,000

a. Correccion de significacion de Lilliefors.

Figura 1. Pruebas de normalidad

Fuente: Elaboración propia

Por la cantidad de la muestra en todos los casos mayor a 50 (Saldaña, 2016) en los tipos de ducha el nivel de significación al ser  $p < 0,5$  se comprueba que los datos no son normales en los casos de ducha eléctrica (0,000), calefón a gas (0,000) y ninguno (0,004).

¿A CUANTO ASCIENDEN LOS INGRESOS DE LA FAMILIA APROXIMADAMENTE?		Prueba de Levene de igualdad de varianzas	
		F	Sig.
Varianzas	se asumen varianzas iguales	18,384	0,00
	no se asumen varianzas iguales		

Figura 2. Prueba de muestras independientes  
Fuente: Elaboración propia

Al valorar la comparación de las varianzas en los grupos (F de Snedecor) a través de la prueba de Levene, se comprueba si el resultado es mayor de 0,05 para que se cumpla el requisito de homocedasticidad (expresado en la tabla como “Se asumen varianzas iguales” a través del estadístico F). En este caso en concreto la significación es 0,00 por lo que las varianzas no pueden considerarse iguales.

Al no cumplirse los dos supuestos para el uso de pruebas paramétricas, se procede a seleccionar una prueba no paramétrica. Las diversas clasificaciones, dependen de los requisitos y/o de los autores e investigadores, así Ferrán (2012) clasifica en pruebas para una muestra y los demás en no paramétricas, por su parte, Visauta (2007) clasifica en no paramétricas todas las pruebas. También se clasifica por variable, tipo y número de muestras; otros autores, toman en cuenta el tipo de muestra para esta clasificación y considera diferente terminología y número de pruebas no paramétricas para identificarlos; mientras que Pérez, García, Gil y Galán (2009) a la clasificación anterior adiciona las pruebas de libre elección correlacionales. La clasificación que se utiliza en el presente artículo, toma en cuenta el número de muestras (una, dos o más), tipo de muestras (independientes o dependientes) y el tipo de variables (cualitativa o cuantitativa).

El análisis de datos se lleva a cabo mediante un análisis bivariado con tablas de contingencia para explorar las posibles asociaciones entre las distin-

tas variables del estudio.

Se utiliza la prueba no paramétrica Chi-cuadrado de Pearson para una muestra donde la característica que se identifica en las variables son categóricas donde variable dependiente es nominal. Esta prueba denotada por  $X^2$  fue creada por Pearson (1900) con la finalidad de establecer comparaciones entre las frecuencias observadas y esperadas de una muestra. A través de las tablas de contingencia la prueba Chi-cuadrado verifica

$$X^2 = \sum_{i=1}^K \left[ \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \right]$$

Formula 1

$H_0$  (la hipótesis nula) de la independencia de dos variables, cada una con sus respectivas categorías (dos o más categorías) (Ríos & Peña, 2020).

Donde  $O_i$ : Valor observado o frecuencias observadas es el número de casos observados clasificados en una determinada celda de la tabla de contingencia y  $E_i$ : Valor esperado, frecuencias esperadas o teóricas. Es el número de casos esperados correspondientes a cada celda de la tabla de contingencia. Se puede definir como aquella frecuencia que se observaría si ambas variables fuesen independientes. La muestra debe ser lo suficientemente grande para la hipótesis  $H_0$ : No hay asociación entre las variables A|B (Las variables son independientes)  $H_1$ : Si hay asociación entre las variables A|B (Las variables no son independientes) Cuando  $H_0$  es verdadera, sigue una distribución  $X^2$  con  $(r-1)(c-1)$  grados de libertad. ( $r$ : número de filas y  $c$ : número de columnas en la tabla de contingencia) (Mendivelso y Rodríguez, 2018).

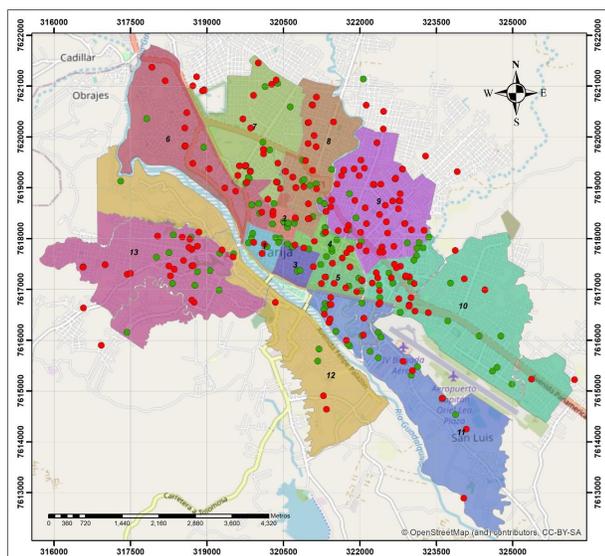
El cálculo de los resultados de la técnica estadística seleccionada chi cuadrada se realizar con el programa IBM SPSS 25 (Morgan, Barrett, Leech y Gloeckner, 2019).

Para la representación espacial de los datos se utiliza el programa ArcGis, que permite mostrar los elementos del estudio en el plano físico describiendo o encontrando relaciones entre las variables analizadas (Kholoshyn, Bondarenko, Hanchuk y Shmeltser, 2019).

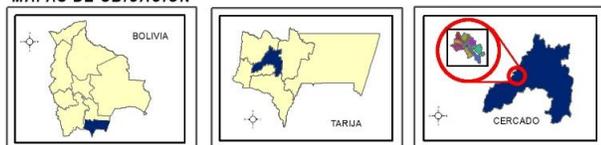
### 3. Resultados y discusion

En este estudio, se busca determinar si existe influencia de los ingresos de las familias en el uso de calefón a gas y ducha eléctrica.

A continuación, se describe la distribución de los casos de la muestra en la población, tomando en cuenta la ubicación geográfica, en la Figura 1 se representa la muestra de los casos referidos al uso de energía eléctrica y de calefón a gas.



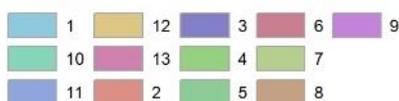
**MAPAS DE UBICACIÓN**



**REFERENCIA ESPACIAL Y FUENTE**

Sistema de coordenadas: WGS 1984 UTM Zone 20S  
 Proyección: Transverse Mercator  
 Datum: WGS 1984  
 False Easting: 500,000,0000  
 False Northing: 10,000,000,0000  
 Central Meridian: -63,00000  
 Scale Factor: 0,9996  
 Latitude Of Origin: 0,0000  
 Unidades: Meter

**DISTRITOS**



**UTILIZA**



Figura 3. Tipos de ducha (Calefón a gas y ducha eléctrica) en la ciudad de Tarija

Fuente: Elaboración propia

### INFLUENCIA DEL INGRESO FAMILIAR EN EL USO DE LOS DIFERENTES TIPOS DE DUCHA (CALEFÓN A GAS Y DUCHA ELÉCTRICA) EN LA CIUDAD DE TARIJA

Los datos generados por la encuesta se resumen en una tabla de contingencia que permitirá aplicar la prueba:

		INGRESOS TIPO DE DUCHA				Total
		INGRESOS				
TIPO DE DUCHA		2300 Bs. o menos	mas de 50000 Bs. y menos de 10000 Bs	mas de 50000 Bs. y menos de 10000 Bs. dede50000	mas de 10000	
		Ducha eléctrica	recuento	56	69	79
% dentro de TIPO DE DUCHA	24,2%		29,9%	34,2%	11,7%	100%
calefón a gas	recuento	19	25	51	55	150
	% dentro de TIPO DE DUCHA	12,7%	16,7%	34,0%	36,7%	100%
ninguno	recuento	51	41	11	0	103
	% dentro de TIPO DE DUCHA	49,5%	39,8%	10,7%	0,0%	100%
total	recuento	126	135	141	82	484
	% dentro de TIPO DE DUCHA	26,0%	27,9%	29,1%	16,9%	100%

Figura 4. Tabla cruzada Ingresos\*Tipo de ducha

Fuente: Elaboración propia

Al leer los datos se observa que existe una mayor probabilidad de contar con ducha eléctrica en los hogares entrevistados de ciudad de Tarija sin tomar en cuenta el nivel de ingreso de la familia; cuando los ingresos superan los 10000 Bs., la probabilidad de contar en el hogar con ducha eléctrica disminuye (32,9%). En la fila de uso de calefón a gas en relación a los ingresos se observa que a medida que aumenta el ingreso la probabilidad de contar con calefón a gas es mayor alcanzando un 67,10%.

Estadísticamente se demuestra en base a la tabla de contingencia la asociación o no de los ingresos con los tipos de ducha utilizando el siguiente procedimiento.

### 3.1. Prueba

El planteamiento de la hipótesis de partida para la aplicación es:

Ho: “El uso del tipo de ducha es independiente del nivel de ingresos de la familia”.

H1: “El uso del tipo de ducha depende el nivel de ingresos de la familia”.

### 3.2. Nivel de significación

Un nivel de significación del 5% seleccionado para la prueba Chi Cuadrada significa que, en promedio, 5 de cada 100 veces que la hipótesis nula es cierta la rechazaremos (Batanero,2001).

### 3.3. Asociación de las variables

Detalle	Valor	Df	Significacion asintotica (bilateral)
Chi-cuadrada de pearson	115,690	6	,000
razon de verosimilitud	126,989	6	,000
asociacion lineal por lineal	14,767	1	,000
N de casos validos	484		

a. 0 casillas (0,0%) han esperado un encuentro menor que 5. El recuento minimo esperado es 17,45

Figura 5. Pruebas de chi-cuadrado

Fuente: Elaboración propia

El resultado de la asociación se determina a partir del resultado de la Chi-cuadrada de Pearson, entonces p al ser menor a 5% confirma la relación entre las dos variables.

### 3.4. Intensidad de la relación entre las variables analizadas

Para determinar la intensidad de la relación en base a la prueba chi cuadrada utilizamos la medida V de Cramer basada en la chi cuadrada (Del Pino y Carmona 2016).

Detalle	Valor	significacion aproximada
Nominal por Nominal	Phi	,489
	V de Cramer	,346
N de casos validos	484	-

Figura 6. Medidas simétricas  
Fuente: Elaboración propia

El resultado de la medida V de Cramer es 34,6%, esto significa un grado es moderado, es decir las variables ingreso y tipos de ducha están asociados moderadamente.

## 4. Conclusiones

La prueba de Chi Cuadrada aplicada a los datos muestra que el ingreso de las familias de la está relacionado con el uso de los diferentes tipos de ducha.

La relación de las variables se complementa con la intensidad de la asociación, para esto se aplica la medida V de Cramer, que determina una asociación moderada

El uso de ducha eléctrica está presente en todas las familias indistintamente del nivel de ingresos, reduciéndose la proporción cuando los ingresos superan los 10000 Bs.

Por su parte el uso del calefón a gas es más frecuente cuando los ingresos superan los 10000 Bs.

Es posible también generar otras investigaciones que permitan determinar las razones por las cuales no se utiliza ninguno de los tipos de duchas.

Además de la prueba Chi Cuadrada utilizada se sugiere explorar las relaciones desde la ubicación geográfica de los entrevistados.

## 5. Bibliografía

- ❏ Batanero, C. (2001). Didáctica de la Estadística. Granada: Universidad de Granada. del Pino, A. M. A., & Carmona, A. G. ANÁLISIS DE TABLAS DE CONTINGENCIA (Curso 2016-17).
- ❏ Ferran, M. (2002). SPSS para Windows. Análisis estadístico. Madrid: Osborne McGraw-Hill, 2001.
- ❏ Guerrero, A. J. M., Cabrera, A. F., & Belmonte, J. L. (2019). Las competencias digitales del alumnado de Formación Profesional Básica. Revista de Educación de la Universidad de Granada, 26, 9-33.
- ❏ Kholoshyn, I., Bondarenko, O., Hanchuk, O. y Shmeltser, E. (2019). Cloud ArcGIS Online como una herramienta innovadora para desarrollar competencias en geoinformación con futuros profesores de geografía. preimpresión de arXiv arXiv:1909.04388 .
- ❏ Mazurek, H. (2020). Bolivia en busca de su política urbana. Temas Sociales, (47), 132-162.
- ❏ Mendivelso, F., & Rodríguez, M. (2018). Prueba Chi-Cuadrado de independencia aplicada a tablas 2xN. Revista Médica Sanitas, 21(2), 92-95.
- ❏ Morgan, GA, Barrett, KC, Leech, NL y Gloeckner, GW (2019). IBM SPSS para Introducción a la Estadística: Uso e Interpretación: Uso e Interpretación . Routledge.
- ❏ Osses, R., & Andrés, V. (2018). Diseño de controlador electrónico de bajo costo para duchas eléctricas.
- ❏ Pérez, R., García, J., Gil, J. y Galán, A. (2009). Estadística aplicada a la Educación. Madrid: UNED - Pearson.
- ❏ Quispe Choque, H. (2019). Cuantificación del cambio de la matriz energética residencial en la ciudad de La Paz (Master's thesis, La Paz: Universidad Andina Simón Bolívar, Sede Académica La Paz).
- ❏ Ríos, A. R., & Peña, A. M. P. (2020). Estadística inferencial. Elección de una prueba estadística no paramétrica en investigación científica. Horizonte de la Ciencia, 10(19), 191-208.
- ❏ Saldaña, M. R. (2016). Pruebas de bondad de ajuste a una distribución normal. Revista Enfermería del trabajo, 6(3), 114.
- ❏ Visauta, B. (2007). Análisis estadístico con SPSS para Windows. Estadística básica. Madrid: McGrawHill.

# Normas de publicación de la revista Ventana Científica

## 1. Misión y política editorial

La Revista VENTANA CIENTÍFICA, es una publicación semestral que realiza la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho que tiene como misión, difundir la producción de conocimientos de la comunidad universitaria, académica y científica del ámbito local, nacional e internacional, provenientes de investigaciones que se realiza en las distintas áreas del conocimiento, para contribuir a lograr una apropiación social del conocimiento por parte de la sociedad.

VENTANA CIENTÍFICA es una publicación arbitrada que utiliza el sistema de revisión por al menos de dos pares expertos (académicos internos y externos) de reconocido prestigio, pudiendo ser nacionales y/o internacionales, que en función de las normas de publicación establecidas procederán a la aprobación de los trabajos presentados. Asimismo, la revista se rige por principios de ética y pluralidad, para garantizar la mayor difusión de los trabajos publicados.

La revista VENTANA CIENTÍFICA publica artículos en castellano, buscando fomentar la apropiación social del conocimiento por parte de la población en general. Tanto los autores, revisores, editores, personal de la revista y académicos de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho, tienen la obligación de declarar cualquier tipo de conflicto de intereses que pudieran sesgar el trabajo.

## 2. Tipos de artículos y publicación

La Revista Ventana Científica, realiza la publicación de distintos artículos de acuerdo a las siguientes características:

### 2.1. Artículos de investigación científica y tecnológica:

Documento que presenta, de manera detallada, los resultados originales de investigaciones concluidas. La estructura generalmente utilizada contiene cuatro apartados importantes: introducción, metodología, resultados y conclusiones.

### 2.2. Artículo de reflexión

Documento que presenta resultados de investigación terminada desde una perspectiva analítica, interpretativa o crítica del autor, sobre un tema específico, recurriendo a fuentes originales.

### 2.3. Artículo de revisión

Documento resultado de una investigación terminada donde se analizan, sistematiza e integran los resultados de investigaciones publicadas o no publicadas, con el fin de dar cuenta de los avances y las tendencias de desarrollo sobre un campo en ciencia o tecnología. Se caracteriza por presentar una cuidadosa revisión bibliográfica.

### 2.4. Revisión de temas académicos

Documentos que muestren los resultados de la revisión crítica de la literatura sobre un tema en particular, o también versan sobre la parte académica de la actividad docente. Son comunicaciones concretas sobre el asunto a tratar por lo cual su extensión mínima es de 5 páginas.

### 2.5. Cartas al editor

Son posiciones críticas, analíticas o interpretativas sobre los documentos publicados en la revista, que a juicio del Comité editorial constituyen un aporte importante a la discusión del tema por parte de la comunidad científica de referencia.

### 3. Normas de envío y presentación

- a. La Revista VENTANA CIENTÍFICA, recibe trabajos originales en idioma español. Los mismos deberán ser remitidos en formato electrónico en un archivo de tipo Word compatible con el sistema Windows y también en forma impresa.
- b. Los textos deben ser elaborados en formato de hoja tamaño carta (ancho 21,59 cm.; alto 27,94 cm.). El tipo de letra debe ser Arial, 10 dpi interlineado simple. Los márgenes de la página deben ser, para el superior, inferior y el derecho de 2,5 cm. y para el izquierdo, 3 cm.
- c. Los artículos deben redactarse con un alto nivel de corrección sintáctica, evidenciando precisión y claridad en las ideas
- d. En cuanto a la extensión: Los artículos de investigación, ciencia, tecnología tendrán una extensión máxima de 15 páginas, incluyendo la bibliografía. Los artículos de reflexión y revisión una extensión de 10 páginas.
- e. Los trabajos deben incluir un resumen en idioma español y en inglés, con un máximo de 200 palabras.
- f. En cuanto a los autores, deben figurar en el trabajo las personas que han contribuido sustancialmente en la investigación. Reconociéndose al primero como autor principal. Los nombres y apellidos de todos los autores se deben identificar apropiadamente, así como las instituciones de adscripción (nombre completo, organismo, ciudad y país), dirección y correo electrónico.
- g. La Revista VENTANA CIENTÍFICA, solo recibe trabajos originales e inéditos, ello implica que no hayan sido publicados en ningún formato y que no estén siendo simultáneamente conside-

rados en otras publicaciones nacionales e internacionales. Por lo tanto, los artículos deberán estar acompañados de una Carta de Originalidad, firmada por todos los autores, donde certifiquen lo anteriormente mencionado.

- h. Cada artículo se someterá en su proceso de evaluación a una revisión exhaustiva para evitar plagios, que en caso de ser detectada en un investigador, este será sujeto a un proceso interno administrativo, y no podrá volver a presentar ningún artículo para su publicación en esta revista.

### 4. Dirección de envío de artículos

Los artículos para su publicación deberán ser presentados en las oficinas del Departamento de Investigación Ciencia y Tecnología, ubicado en el Campus Universitario El Tejar, Edificio DICYT, Bloque N° 15, Telf.: +591-4-6650787. Alternativamente, los artículos podrán ser enviados a la siguiente dirección electrónica: [dicyt.uajms.edu@gmail.com](mailto:dicyt.uajms.edu@gmail.com).

### 5. Formato de presentación

Para la presentación de los trabajos se debe tomar en cuenta el siguiente formato para los artículos científicos:

#### 5.1. Título del Artículo

El título del proyecto debe ser claro, preciso y sintético, con un texto de 20 palabras como máximo.

#### 5.2. Autores

Un aspecto muy importante en la preparación de un artículo científico, es decidir, acerca de los nombres que deben ser incluidos como autores, y en qué orden. Generalmente, está claro que quién aparece en primer lugar es el autor principal, además es quien asume la responsabilidad intelectual del trabajo. Por este motivo, los artículos para ser publicados en la Revista Ventana

Científica, adoptarán el siguiente formato para mencionar las autorías de los trabajos.

Se debe colocar en primer lugar el nombre del autor principal, investigadores, e investigadores junior, posteriormente los asesores y colaboradores si los hubiera. La forma de indicar los nombres es la siguiente: en primer lugar debe ir los apellidos y posteriormente los nombres, finalmente se escribirá la dirección del Centro o Instituto, Carrera a la que pertenece el autor principal. En el caso de que sean más de seis autores, incluir solamente el autor principal, seguido de la palabra latina “et al”, que significa “y otros” y finalmente debe indicarse la dirección electrónica (correo electrónico).

### 5.3. Resumen y Palabras Clave

El resumen debe dar una idea clara y precisa de la totalidad del trabajo, podrá incluir una breve justificación, objetivo, metodología seguida, los resultados más destacados y las principales conclusiones, asimismo, debe ser lo más informativo posible, de manera que permita al lector identificar el contenido básico del artículo y la relevancia, pertinencia y calidad del trabajo realizado.

Se recomienda elaborar el resumen con un máximo de 200 palabras, el mismo que debe expresar de manera clara los objetivos y el alcance del estudio, justificación, metodología y los principales resultados obtenidos.

Las palabras clave son términos o frases cortas (lexemas) que permiten clasificar y direccionar las entradas en los sistemas de indexación y de recuperación de la información en las bases de datos de un manuscrito o área temática en particular. Las palabras clave se convierten entonces en una herramienta esencial de doble vía, es decir, de quienes escriben y de quienes buscan la información de manuscritos o áreas temáticas relacionadas.

### 5.4. Introducción

La introducción del artículo está destinada a expresar con toda claridad el propósito de la comunicación, además resume el fundamento lógico del estudio. Se debe mencionar las referencias estrictamente pertinentes, sin hacer una revisión extensa del tema investigado. No hay que incluir datos ni conclusiones del trabajo que se está dando a conocer.

### 5.5. Materiales y Métodos

Debe mostrar, en forma organizada y precisa, cómo fueron alcanzados cada uno de los objetivos propuestos.

La metodología debe reflejar la estructura lógica y el rigor científico que ha seguido el proceso de investigación desde la elección de un enfoque metodológico específico (preguntas con hipótesis fundamentadas correspondientes, diseños muestrales o experimentales, etc.), hasta la forma como se analizaron, interpretaron y se presentan los resultados. Deben detallarse, los procedimientos, técnicas, actividades y demás estrategias metodológicas utilizadas para la investigación. Deberá indicarse el proceso que se siguió en la recolección de la información, así como en la organización, sistematización y análisis de los datos. Una metodología vaga o imprecisa no brinda elementos necesarios para corroborar la pertinencia y el impacto de los resultados obtenidos.

### 5.6. Resultados y Discusión

#### 5.6.1. Resultados

Los resultados son la expresión precisa y concreta de lo que se ha obtenido efectivamente al finalizar el proyecto, y son coherentes con la metodología empleada. Debe mostrarse claramente los resultados alcanzados, pudiendo emplear para ello cuadros, figuras, etc. Los resultados relatan, no interpretan, las observaciones efectuadas con el material y métodos empleados. No deben repetirse en el texto datos expuestos en tablas o gráficos, resumir o recalcar sólo las observaciones más importantes.

#### 5.6.2. Discusión

El autor intentará ofrecer sus propias opiniones sobre el tema, se insistirá en los aspectos novedosos e importantes del estudio y en las conclusiones que pueden extraerse del mismo. No se repetirán aspectos incluidos en las secciones de Introducción o de Resultados. En esta sección se abordarán las repercusiones de los resultados y sus limitaciones, además de las consecuencias para la investigación en el futuro. Se compararán las observaciones con otros estudios pertinentes.

Se relacionarán las conclusiones con los objetivos del estudio, evitando afirmaciones poco fundamentadas y conclusiones avaladas insuficientemente por los datos.

Es importante resaltar y se recomienda, que para una redacción que interactúe mejor con el lector, en la medida que se van exponiendo los datos o resultados, inmediatamente se vaya realizando la discusión de los mismos.

## 5.7. Bibliografía Utilizada

La bibliografía utilizada, es aquella a la que se hace referencia en el texto, debe ordenarse en orden alfabético y de acuerdo a las normas establecidas para las normas de publicación (Punto 5).

## 5.8. Tablas y Figuras

Todas las tablas o figuras deben ser referidas en el texto y numeradas consecutivamente con números arábigos, por ejemplo: Figura 1, Figura 2, Tabla 1 y Tabla 2. No se debe utilizar la abreviatura (Tab. o Fig.) para las palabras tabla o figura y no las cite entre paréntesis. De ser posible, ubíquelas en el orden mencionado en el texto, lo más cercano posible a la referencia en el mismo y asegúrese que no repitan los datos que se proporcionen en algún otro lugar del artículo. El texto y los símbolos deben ser claros, legibles y de dimensiones razonables de acuerdo al tamaño de la tabla o figura. En caso de emplearse en el artículo fotografías y figuras de escala gris, estas deben ser preparadas con una resolución de 250 dpi. Las figuras a color deben ser diseñadas con una resolución de 450 dpi. Cuando se utilicen símbolos, flechas, números o letras para identificar partes de la figura, se debe identificar y explicar claramente el significado de todos ellos en la leyenda.

## 5.9. Referencias Bibliográficas

Las referencias bibliográficas que se utilicen en la redacción del trabajo; aparecerán al final del documento y se incluirán por orden alfabético. Debiendo adoptar las modalidades que se indican a continuación:

### 5.10. Referencia de Libro

Apellidos, luego las iniciales del autor en letras mayúsculas. Año de publicación (entre paréntesis). Título del libro en cursiva que para el efecto, las palabras más relevantes las letras iniciales deben ir en mayúscula. Editorial y lugar de edición. Tamayo y Tamayo, M. (1999). El Proceso de la Investigación

Científica, incluye Glosario y Manual de Evaluación de Proyecto. Editorial Limusa. México. Rodríguez, G., Gil, J. y García, E. (1999). Metodología de la Investigación Cualitativa. Ediciones Aljibe. España. Referencia de Capítulos, Partes y Secciones de Libro Apellidos, luego las iniciales del autor en letras mayúsculas. Año de publicación (entre paréntesis). Título del capítulo de libro en cursiva que para el efecto, las palabras más relevantes las letras iniciales deben ir en mayúscula. Colocar la palabra, en, luego el nombre del editor (es), título del libro, páginas. Editorial y lugar de edición. Reyes, C. (2009). Aspectos Epidemiológicos del Delirium. En M. Felipe. y O. José (eds.). Delirium: Un gigante de la geriatría (pp. 37-42). Manizales: Universidad de Caldas

### 5.11. Referencia de Revista

Autor (es), año de publicación (entre paréntesis), título del artículo, en: Nombre de la revista, número, volumen, páginas, fecha y editorial. López, J.H. (2002). Autoformación de Docentes a Tiempo Completo en Ejercicio. en Ventana Científica, N° 2. Volumen 1. pp 26 – 35. Abril de 2002, Editorial Universitaria.

### 5.12. Referencia de Tesis

Autor (es). Año de publicación (entre paréntesis). Título de la tesis en cursiva y en mayúsculas las palabras más relevantes. Mención de la tesis (indicar el grado al que opta entre paréntesis). Nombre de la Universidad, Facultad o Instituto. Lugar. Salinas, C. (2003). Revalorización Técnica Parcial de Activos Fijos de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho. Tesis (Licenciado en Auditoría). Universidad Autónoma Juan Misael Saracho, Facultad de Ciencias Económicas y Financieras. Tarija – Bolivia.

### 5.13.5. Página Web (World Wide Web)

Autor (es) de la página. (Fecha de publicación o revisión de la página, si está disponible). Título de la página o lugar (en cursiva). Fecha de consulta (Fecha de acceso), de (URL – dirección). Puente, W. (2001, marzo 3). Técnicas de Investigación. Fecha de consulta, 15 de febrero de 2005, de <http://www.rppnet.com.ar/tecnicasdeinvestigacion.html> Durán, D. (2004). Educación Ambiental como Contenido Transversal. Fecha de consulta, 18 de febrero de 2005, de <http://www.ecoport.net/content/view/full/37878>

#### 5.14.5.14. Libros Electrónicos

Autor (es) del artículo ya sea institución o persona. Fecha de publicación. Título (palabras más relevantes en cursiva). Tipo de medio [entre corchetes]. Edición. Nombre la institución patrocinante (si lo hubiera) Fecha de consulta. Disponibilidad y acceso.

Ortiz, V. (2001). La Evaluación de la Investigación como Función Sustantiva. [Libro en línea]. Serie Investigaciones (ANUIES). Fecha de consulta: 23 febrero 2005. Disponible en: <http://www.anuies.mx/index800.html>

Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior. (1998). Manual Práctico sobre la Vinculación Universidad – Empresa. [Libro en línea]. ANUIES 1998. Agencia Española de Cooperación (AECI). Fecha de consulta: 23 febrero 2005. Disponible en: <http://www.anuies.mx/index800.html>

#### 5.15. Revistas Electrónicas

Autor (es) del artículo ya sea institución o persona. Título del artículo en cursiva. Nombre la revista. Tipo de medio [entre corchetes]. Volumen. Número. Edición. Fecha de consulta. Disponibilidad y acceso.

Montobbio, M. La cultura y los Nuevos Espacios Multilaterales. Pensar Iberoamericano. [En línea]. N° 7. Septiembre – diciembre 2004. Fecha de consulta: 12 enero 2005. Disponible en: <http://www.campus-oei.org/pensariberoamerica/index.html>

#### Referencias de Citas Bibliográficas en el Texto

Para todas las citas bibliográficas que se utilicen y que aparezcan en el texto se podrán asumir las siguientes formas:

- A. De acuerdo a Martínez, C. (2004), la capacitación de docentes en investigación es fundamental para.....
- B. En los cursos de capacitación realizados se pudo constatar que existe una actitud positiva de los docentes hacia la investigación..... (Martínez, C. 2004).
- C. En el año 2004, Martínez, C. Realizó el curso de capacitación en investigación para docentes universitarios.....

## 6. Derechos de Autor

Los conceptos y opiniones de los artículos publicados son de exclusiva responsabilidad de los autores.

Dicha responsabilidad se asume con la sola publicación del artículo enviado por los autores.

La concesión de Derechos de autor significa la autorización para que la Universidad Autónoma

Juan Misael Saracho a través de la Revista VENTANA CIENTÍFICA, pueda hacer uso del artículo, o parte de él, con fines de divulgación y difusión de la actividad científica y tecnológica.

En ningún caso, dichos derechos afectan la propiedad intelectual que es propia de los(as) autores(as).



DICYT

*Juntos por la Investigación,  
acompañamos el desarrollo departamental*



Tarija - Bolivia