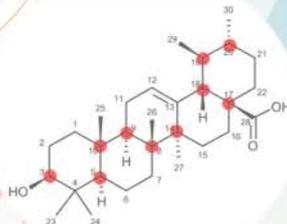
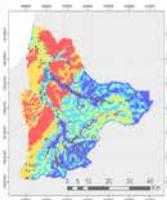




# REVISTA BASES DE LA CIENCIA

Revista Científica - Instituto de Ciencias Básicas



Edición Continua

Enero - Abril 2021

ISSN 2588-0764

Vol. 6 Num.

REDIB  
Red Iberoamericana  
de Revistas Científicas

DOAJ  
DIRECTORY OF  
OPEN ACCESS  
JOURNALS

MIAR  
Mecanismo de Información para el  
Análisis de Revistas

Actualidad Iberoamericana  
Revista Iberoamericana de Actualidad



OpenAIRE

OAJI  
net  
Open Academic  
Journals Index

PUBLICADO: 2021-04-30

latindex

1  
npt.com



## Índice

### GEOCIENCIAS

**Estimación de zonas potenciales de aguas subterráneas en la cuenca del río Portoviejo mediante análisis jerárquico basado en SIG y teledetección.** 1

Jorge Chonlong<sup>1</sup>, Henry Pacheco

### CIENCIAS QUÍMICAS

**Ursolic acid: an overview including research performed in Peru** 19

Michael Azael Ludeña Huaman, Reneé Isabel Huamán Quispe, Ana Luz tupa Quispe, Carlos Alberto Serrano Flores

**Aplicación de 2 etil-cianoacrilato para sutura de heridas faciales** 33

Irvin Gregorio Malavé Castellano, Isol Dessire Bello Mendoza, Manuel Leonardo Quevedo, Ladislao Nicolas Higuera Arends

### CIENCIAS MATEMÁTICAS

**Operadores de riesz en el  $Alglat(T) \cap T'$**  49

Edixo Rosales

**Guía de autores** 57

**Créditos** 68



## ESTIMACIÓN DE ZONAS POTENCIALES DE AGUAS SUBTERRÁNEAS EN LA CUENCA DEL RÍO PORTOVIEJO MEDIANTE ANÁLISIS JERÁRQUICO BASADO EN SIG Y TELEDETECCIÓN

Jorge Chonlong<sup>1\*</sup>, Henry Pacheco<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Estudiante del Programa de Maestría Académica con Trayectoria Profesional en Hidráulica, mención Gestión de Recursos Hídricos del Instituto de Posgrado de la Universidad Técnica de Manabí. Ecuador. E-mail: [jchonlong7108@utm.edu.ec](mailto:jchonlong7108@utm.edu.ec)

<sup>2</sup>Facultad de Ingeniería Agrícola. Universidad Técnica de Manabí. Ecuador. E-mail: [henry.pacheco@utm.edu.ec](mailto:henry.pacheco@utm.edu.ec)

\*Autor para la correspondencia: [jchonlong7108@utm.edu.ec](mailto:jchonlong7108@utm.edu.ec)

Recibido: 15-09-2020 / Aceptado: 11-01-2021 / Publicación: 30-04-2021

Editor Académico: Julio Cesar Marin Leal

### RESUMEN

La utilización del agua subterránea en Ecuador se ha venido incrementando y cada día gana importancia debido al agotamiento, contaminación o inexistencia de fuentes superficiales. Sin embargo, la información hidrogeológica de la cual dispone el país es incompleta, desactualizada y dispersa, faltando implementar estrategias para la gestión del recurso hídrico subterráneo, iniciando con el proceso de legalización y regularización de los concesionarios formales e informales. El presente estudio tuvo como objetivo determinar las zonas potenciales de aguas subterráneas en la cuenca del río Portoviejo aplicando el método de análisis jerárquico (AHP, según sus siglas en inglés) basado en el sistema de información geográfica (SIG) y teledetección de acceso libre. A partir de este análisis se obtuvo el índice de potencial de aguas subterráneas (GWPI, según sus siglas en inglés), utilizado para la creación del mapa de zonas potenciales, el cual fue comparado con datos existentes en el inventario de puntos de agua. En la validación, se obtuvo una efectividad del 87 % para el mapa resultante, el cual ha sido influenciado en mayor grado por la permeabilidad de la roca, la precipitación y la densidad de drenajes, y en menor proporción por la pendiente del terreno y el índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI, según sus siglas en inglés).

**Palabras clave:** agua subterránea, AHP, GWPI.

### ESTIMATION OF POTENTIAL GROUNDWATER ZONES IN THE PORTOVIEJO RIVER BASIN THROUGH HIERARCHICAL ANALYSIS BASED ON GIS AND REMOTE SENSING

### ABSTRACT

The use of groundwater in Ecuador has been increasing and is gaining importance every day due to the depletion, contamination, or non-existence of surface sources. However, the hydrogeological information available in the country is incomplete, outdated, and dispersed, and there is a lack of strategies for managing subway water resources, starting with the process of legalization and regularization of formal and informal concessionaires. The objective of this study was to determine the potential groundwater areas in the Portoviejo River basin by applying the hierarchical analysis method

(AHP) based on geographic information system (GIS) and remote sensing with free access. From this analysis, the groundwater potential index (GWPI) was obtained, used to create the map of potential areas, which was compared with existing data in the inventory of water points. In the validation, effectiveness of 87 % was obtained for the resulting map, which has been influenced in greater degree by the permeability of the rock, the precipitation and the density of drainages, and in smaller proportion by the slope of the land and the normalized difference vegetation index (NDVI).

**Keywords:** AHP, groundwater, GWPI.

## **ESTIMATIVA DE POTENCIAIS ÁREAS DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NA BACIA DO RIO PORTOVIEJO ATRAVÉS DE ANÁLISE HIERÁRQUICA BASEADA EM SIG E EM DETECÇÃO REMOTA**

### **RESUMO**

A utilização de águas subterrâneas no Equador vem aumentando e ganha importância todos os dias devido ao esgotamento, contaminação ou não existência de fontes superficiais. Contudo, a informação hidrogeológica disponível no país é incompleta, desatualizada e dispersa, e as estratégias de gestão dos recursos hídricos subterrâneos ainda não foram implementadas, começando com o processo de legalização e regularização dos concessionários formais e informais. O objetivo deste estudo foi determinar as potenciais áreas de águas subterrâneas na bacia do rio Portoviejo através da aplicação do método de análise hierárquica (AHP, de acordo com sua sigla em inglês) baseado em sistema de informação geográfica (SIG) e teledetecção com acesso livre. A partir dessa análise, foi obtido o índice de potencial das águas subterrâneas (GWPI, de acordo com sua sigla em inglês), utilizado para criar o mapa de áreas potenciais, que foi comparado com os dados existentes no inventário de pontos de água. Na validação, obteve-se uma eficácia de 87 % para o mapa resultante, o qual foi influenciado em maior grau pela permeabilidade da rocha, precipitação e densidade de drenagem, e em menor grau pela inclinação do terreno e pelo índice de vegetação de diferença normalizada (NDVI, de acordo com sua sigla em inglês).

**Palavras chave:** água subterrânea, AHP, GWPI.

---

Citación sugerida: Chonlong, J., Pacheco, H. (2021). Estimación de zonas potenciales de aguas subterráneas en la cuenca del río Portoviejo mediante análisis jerárquico basado en sig y teledetección. Revista Bases de la Ciencia, 6(1), 1-18. DOI: [https://doi.org/10.33936/rev\\_bas\\_de\\_la\\_ciencia.v%vi%i.2648](https://doi.org/10.33936/rev_bas_de_la_ciencia.v%vi%i.2648) Recuperado de: <https://revistas.utm.edu.ec/index.php/Basedelaciencia/article/view/2648>

---

## 1. INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas Ecuador ha incurrido en pérdidas de más de \$ 4 mil millones por causa de la sequía, una de las provincias más afectadas por este tipo de eventos es Manabí, con cuatro sequías en doce años desde 1988 (Zambrano Mera, 2020). Sumpsi et al. (1998) mencionaron que el agua subterránea continúa siendo la más efectiva respuesta unitaria contra la sequía. A pesar de ello, no debe perderse de vista que los acuíferos son una fuente no renovable a corto plazo, y que su uso masivo conduce inexorablemente a situaciones de mayor riesgo. La utilización del agua subterránea se ha venido incrementando (Morillo Ortiz, 2019) y cada día gana importancia debido al agotamiento, contaminación o no existencia de fuentes superficiales. No obstante, la información de agua subterránea de la cual dispone el país es incompleta, desactualizada y limitada (Camacho-López & Astudillo-Fernández, 2020).

Los recursos subterráneos en la cuenca del río Portoviejo no han sido cuantificados; sin embargo, se han explotado durante muchos años. Burbano et al. (2011) realizaron la determinación de zonas potencialmente acuíferas y áreas prioritarias para la explotación del recurso hídrico subterráneo en las cuencas de los ríos Portoviejo y Chone; pero concluyeron que, al estar fundamentado solamente en dos parámetros: levantamiento hidrogeológico e inventario de puntos de agua, la identificación de zonas acuíferas no era confiable; y por lo tanto, era una limitante para evaluar las reservas y potencial hidrogeológico de los diferentes sistemas acuíferos.

Existen abundantes investigaciones realizadas con base en la teledetección y Sistemas de Información Geográfica (SIG) como método de obtención de información, en ellos se ha abordado la determinación del potencial de aguas subterráneas. En India, diferentes autores han determinado la presencia de aguas subterráneas utilizando datos SIG e imágenes satelitales, como en el distrito de Purulia (Das et al., 2019), el distrito de Perambalur (Anbarasu et al., 2019) y en Maharashtra (Ajay Kumar et al., 2020). Trabajos similares se ejecutaron en Irán, donde, Naghibi et al. (2016), Rahmati et al. (2016), Mohammadi-Behzad et al. (2019) y Arabameri et al. (2019), determinaron en la cuenca de Koohrang, Mehran, la cuenca de Leylia–Keynow y la llanura de Shahroud, respectivamente, el potencial de aguas subterráneas. Oh et al. (2011) analizaron las relaciones entre la capacidad específica de agua subterránea y sus factores hidrológicos relacionados, para evaluar la sensibilidad de cada factor y establecer un mapa acerca del potencial de agua subterránea regional para el área de la ciudad de Pohang, Corea, utilizando SIG y una probabilidad modelo.

Hamdani & Baali (2020) y Benjmel et al. (2020), por su parte, desarrollaron una metodología multicriterio que combina varios factores para controlar la disponibilidad de los recursos hídricos



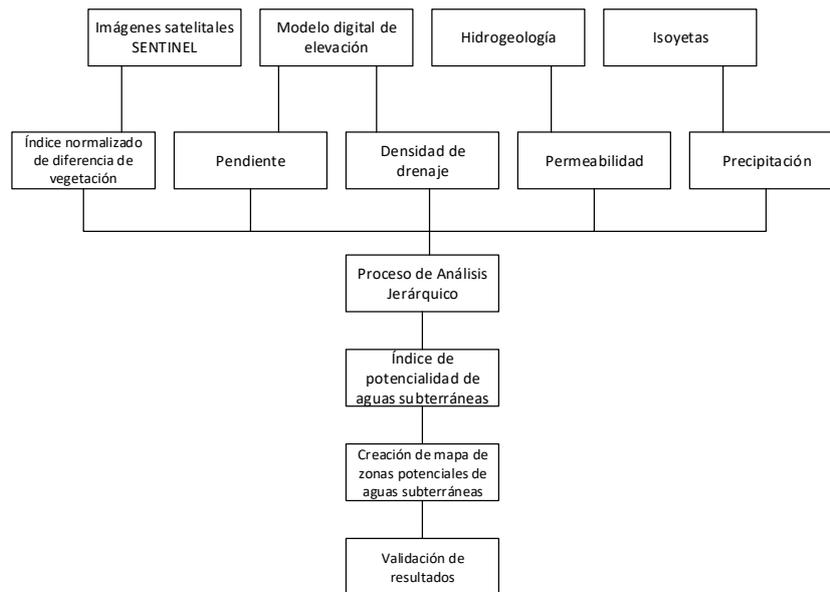
La cuenca del río Portoviejo pertenece a la demarcación hidrográfica Manabí ubicada al oeste de Ecuador, cubriendo una extensión aproximada de 11.500,68 km<sup>2</sup>, situada en el sexto lugar respecto al tamaño de las demarcaciones hidrográficas del Ecuador. Fue establecida y delimitada según el acuerdo 66-2010 de SENAGUA (2010), quien ejerce la planificación y gestión integrada de los recursos hídricos en el territorio nacional.

La cuenca del río Portoviejo tiene cerca de 320.000 habitantes (64 % urbana y 36 % rural), es considerada como una zona de elevada densidad poblacional (154 hab/km<sup>2</sup> vs. 47,4 hab/km<sup>2</sup> de la media nacional) (Neira et al., 2009). La actividad económica más importante es la agricultura, que ocupa a más del 50 % de la población económicamente activa. Un 52 % de las unidades de producción agropecuaria se dedican a la agricultura de subsistencia (Thielen et al., 2016), siendo el río Portoviejo la fuente de agua más substancial de Manabí, abasteciendo de agua a más de 600.000 personas en ciudades locales como Portoviejo, Santa Ana, Rocafuerte e incluso a otras fuera de su cuenca, como son Manta, Montecristi, Jaramijó y Jipijapa (Zevallos, 2015). Según Engelbertz et al. (2015) la cuenca aporta 1.590 hm<sup>3</sup>/año o el equivalente al 2 % nacional.

## 2.2. Bases de datos

Para la obtención de las zonas potenciales de aguas subterráneas, se utilizaron las siguientes capas temáticas: permeabilidad de la roca, precipitación de la lluvia, densidad de drenaje, pendiente del terreno e índice normalizado de diferencia de vegetación (*normalized difference vegetation index*, NDVI) (Macas-Espinosa & López-Escobar, 2018).

Las capas fueron pre-procesadas de acuerdo a su naturaleza, donde se aplicó el análisis de decisión multicriterio (MCDA, según sus siglas en inglés), mediante el proceso de análisis jerárquico (AHP, según sus siglas en inglés), de acuerdo a lo sugerido por Rahmati et al. (2015). A partir del índice de potencialidad de aguas subterráneas (GWPI, según sus siglas en inglés) obtenido, se construyó el mapa de zonas potenciales de aguas subterráneas en la cuenca del río Portoviejo. En la **Figura 2** se muestra el esquema de la metodología utilizada.



**Figura 2.** Metodología para la determinación de las zonas potenciales de agua subterránea de la cuenca del río Portoviejo. (El autor, 2020)

### 2.3. Generación de capas temáticas

Para la generación de la capa de permeabilidad de la roca, se obtuvo la disponibilidad de los recursos hidrogeológicos de la zona de estudio a partir del Sistema Nacional de Información (SNI). Asimismo, la capa de precipitación se construyó con los datos históricos de 30 años (1981-2010), descargados del portal del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI). El modelo digital de elevación utilizado para la generación de las capas de densidad de drenajes y pendientes, fue provisto por el Sistema Nacional de Información de Tierras Rurales e Infraestructura Tecnológica (SIGTIERRAS), con una resolución de 4 m, pero trabajada a una resolución de 10 m. Por último, para la capa de NDVI se utilizaron las imágenes proporcionadas por el satélite SENTINEL de la zona de estudio, descargadas del portal del *U.S. Geological Survey*, a partir de las bandas números 4 y 8 que corresponden al rojo e infrarrojo cercano, respectivamente, aplicando la Ecuación 1:

$$NDVI = (NIR - Red)/(NIR + Red) \quad (1)$$

Donde: NDVI es el índice normalizado de diferencia de vegetación, NIR la banda infrarroja cercana y Red la Banda Roja.

### 2.4. Preparación del mapa de zonas potenciales de agua subterránea

Para la aplicación del MCDA, se utilizó el AHP, el cual permite proporcionar pesos normalizados para cada capa escogida. La jerarquía de cada capa se obtuvo mediante la escala de comparación (1-

9), establecida por Saaty (1980), la cual ha tomado como base los resultados de encuestas a expertos del tema de estudio.

Con la matriz de comparaciones pareadas, se calculó el peso normalizado (W) para cada capa temática, el cual se consiguió dividiendo el valor de cada celda para la suma de la columna, y luego se calculó la media de cada fila. Para verificar la validez de los pesos normalizados obtenidos, se calculó la relación de consistencia (CR) (Saaty, 1980), de acuerdo con la Ecuación 2:

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (2)$$

Donde: RI es un índice aleatorio de consistencia que depende del orden de la matriz, en este caso para el orden  $n=5$ ,  $RI=1,12$  (Saaty, 1980), y CI es el índice de consistencia, el cual puede ser expresado utilizando la Ecuación 3:

$$CI = \frac{(\lambda_{max}-n)}{n-1} \quad (3)$$

Donde: n es el orden de la matriz, en este caso  $n=5$ , y  $\lambda_{max}$  es el mayor valor propio de la matriz. El valor de CR debe ser menor que 0,10; para que los pesos normalizados sean consistentes.

## 2.5. Índice de potencialidad de aguas subterráneas

Las categorías de cada capa se jerarquizaron para calcular su peso normalizado (Rahmati et al., 2015). De acuerdo con Çelik (2019), el GWPI es una magnitud adimensional formada por la suma de los pesos relativos, W y Wf, de los parámetros que afectan al potencial de las aguas subterráneas. Este coeficiente se obtuvo calculando los pesos de los criterios que conformaban el potencial de las aguas subterráneas, por el método MCDA basado en AHP y SIG.

El GWPI se evaluó mediante una combinación lineal ponderada, tal como se indica en la Ecuación 4 (Ajay Kumar et al., 2020):

$$GWPI = \sum_{i=1}^n \sum_{w=1}^m (W_i X_j) \quad (4)$$

Donde:  $W_i$  es el peso normalizado de la capa temática j,  $X_j$  es el valor de rango de cada clase con respecto a la capa j, m es el número total de capas temáticas, y n es el número total de clases en una capa temática. Para el presente caso de estudio la Ecuación 5 queda de la siguiente manera:

$$GWPI = Pm_W Pm_{w_f} + Pr_W Pr_{w_f} + Dd_W Dd_{w_f} + Pt_W Pt_{w_f} + NDVI_W NDVI_{w_f} \quad (5)$$

Donde:  $W$  corresponde al peso normalizado obtenido para cada capa temática, y  $w_f$  es el peso normalizado para cada categoría en cada capa temática.

## **2.6. Generación y validación del mapa de zonas potenciales**

Todas las capas temáticas fueron procesadas en el modelo de datos raster, a una resolución espacial de 10 m, las cuales fueron reclasificadas de acuerdo a su peso normalizado, para finalmente calcular el GWPI mediante la combinación lineal ponderada en la calculadora raster. Los valores de GWPI fueron agrupados en 5 categorías, utilizando el método de clasificación por cuantiles (Rahmati et al., 2015): muy alto, alto, moderado, bajo y muy bajo.

Para la validar el mapa GWPI, se determinó la efectividad de los resultados, utilizando la ubicación geográfica del inventario de puntos de agua generado por el INAMHI, obtenidos mediante la recopilación y análisis de información relacionada a la hidrogeología subterránea (Burbano et al., 2015). Se realizó un análisis de superposición espacial y se obtuvo el valor del GWPI para cada punto de agua, y se cuantificó el número de puntos de agua y el porcentaje por cada categoría del GWPI. La efectividad se calculó sumando los porcentajes de las categorías muy alto, alto y moderado.

## **3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **3.1. Mapas de capas temáticas de la cuenca del río Portoviejo**

#### **3.1.1. Permeabilidad de la roca**

Tomando en cuenta la litología y la densidad de lineamientos, la permeabilidad fue clasificada de acuerdo a la información provista por el INAMHI, generando la capa de permeabilidad como se observa en la **Figura 3**, donde se muestra que las permeabilidades alta, media e impermeable predominan en la zona de estudio. De acuerdo con Ayazi et al. (2010), la litología influye tanto en la porosidad como en la permeabilidad de las rocas acuíferas.

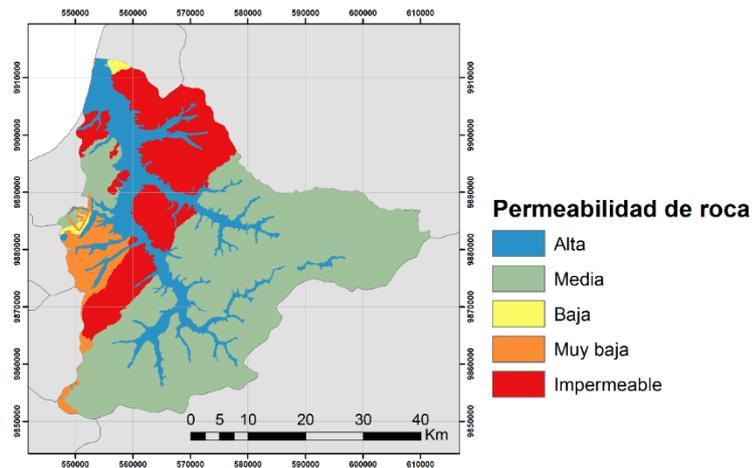


Figura 3. Mapa de permeabilidad de la roca de la cuenca del río Portoviejo. (El autor, 2020)

### 3.1.2. Precipitación

La precipitación media anual de la zona de estudio, con una serie de datos correspondiente a un período de 30 años (1981-2010), presenta una variación entre 250 a 1.500 mm, teniendo una mayor acentuación de lluvia al sureste de la cuenca. En la **Figura 4** se muestra el mapa generado con los datos, clasificados en 5 categorías de rangos.

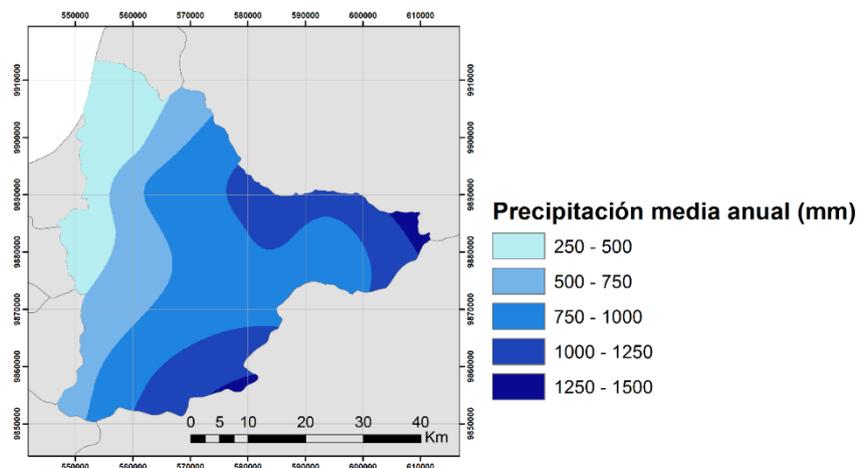
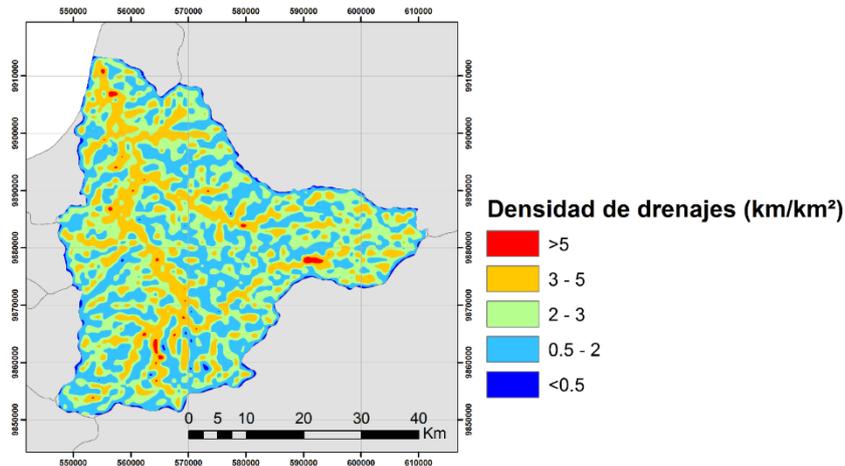


Figura 4. Mapa de precipitación de la cuenca del río Portoviejo elaborado a partir de datos históricos de precipitación. (El autor, 2020)

### 3.1.3. Densidad de drenajes

La densidad del drenaje se clasificó de acuerdo a los criterios de Mandviwala et al. (2016):  $<0,5$ ;  $0,5-2$ ;  $2-3$ ;  $3-5$  y  $>5$ . El área de estudio está caracterizada por una densidad de drenaje de entre  $0,5$  y  $3$   $\text{km}/\text{km}^2$ . De acuerdo con Agarwal & Garg (2016), las densidades más altas indican una baja

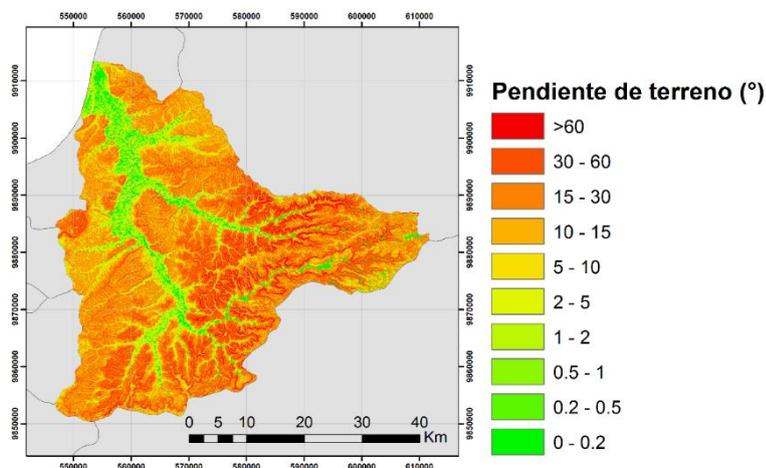
probabilidad de presencia de agua subterránea, por lo tanto, los pesos más altos fueron asignados a la densidad de drenaje más baja. Por el contrario, las zonas con una baja densidad producen una mayor infiltración y disminuyen la escorrentía superficial. En la **Figura 5** se muestra la densidad de drenaje de la zona de estudio.



**Figura 5.** Mapa de densidad de drenajes de la cuenca del río Portoviejo a partir del modelo digital de elevación. (El autor, 2020)

### 3.1.4. Capa de pendiente de terreno

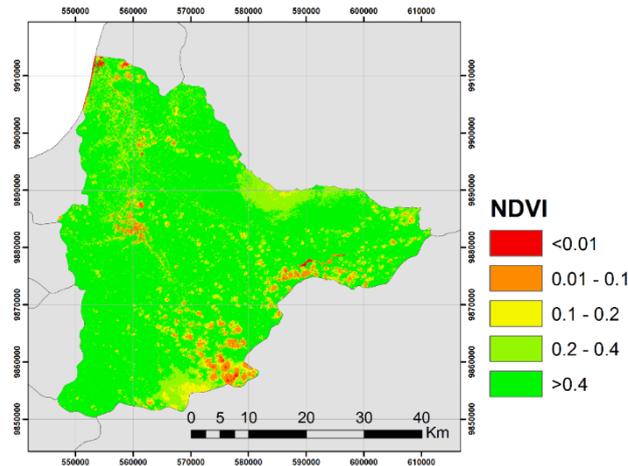
El mapa de pendientes del terreno del área de estudio se muestra en la **Figura 6**. La pendiente del área de estudio varió de 0 a >60°, clasificados de acuerdo con los criterios de Vargas-Rojas (2009). En general, se aprecia que en la cuenca prevalecen pendientes altas. Además, el ángulo de la pendiente es un factor importante en el proceso de recarga (Macas-Espinosa & López-Escobar, 2018), siendo las zonas con menos pendiente las más idóneas para la recarga de aguas subterráneas (Rahmati et al., 2015).



**Figura 6.** Mapa de pendiente de terreno de la cuenca del río Portoviejo a partir del modelo digital de elevación. (El autor, 2020)

### 3.1.5. Capa de índice de vegetación de diferencia normalizada

En el mapa presentado en la **Figura 7**, se muestra el NDVI clasificado en 5 categorías, de acuerdo a lo establecido por López-Pérez et al. (2015). Los valores más altos de NDVI corresponden a las zonas con mayor densidad de vegetación, y se asocian con una acumulación de mayor humedad en el suelo.



**Figura 7.** Mapa de NDVI de la cuenca del río Portoviejo. (El autor, 2020)

### 3.2. Asignación de pesos normalizados

La jerarquía de cada capa temática se presenta en la **Tabla 1**, obteniéndose luego W para cada una, con la matriz de comparaciones pareadas (**Tabla 2**).

**Tabla 1.** Matriz de comparaciones pareadas para el proceso AHP. (El autor, 2020)

Capa	Permeabilidad de la roca	Precipitación	Densidad de drenajes	Pendiente del terreno	Índice de vegetación de diferencia normalizada
Permeabilidad de la roca	1	2	5	6	8
Precipitación	1/2	1	3	3	5
Densidad de drenajes	1/5	1/3	1	4	6
Pendiente del terreno	1/6	1/3	1/4	1	3
Índice de vegetación de diferencia normalizada	1/8	1/5	1/6	1/3	1
<b>SUMA DE COLUMNAS</b>	<b>1,99</b>	<b>3,87</b>	<b>9,42</b>	<b>14,33</b>	<b>23,00</b>

**Tabla 2.** Determinación de los pesos normalizados para cada capa temática. (El autor, 2020)

Capa	Pm	Pr	Dd	Pt	NDVI	W
<b>Pm</b>	1/1,99=0,502	2/3,87=0,517	5/9,42=0,531	6/14,33=0,419	8/23,00=0,348	<b>(0,502+0,517+0,531+0,419+0,348)/5=0,463</b>
<b>Pr</b>	0,251	0,259	0,319	0,209	0,217	<b>0,251</b>
<b>Dd</b>	0,100	0,086	0,106	0,279	0,261	<b>0,167</b>
<b>Pt</b>	0,084	0,086	0,027	0,070	0,130	<b>0,079</b>
<b>NDVI</b>	0,063	0,052	0,018	0,023	0,043	<b>0,040</b>

Pm: permeabilidad de la roca. Pr: precipitación. Dd: densidad de drenaje. Pt: pendiente de terreno. NDVI: índice de vegetación de diferencia normalizada. W: peso normalizado de cada capa temática.

La CR de los pesos normalizados fue de 0,08, lo cual indica que la relación de consistencia fue satisfactoria, y que los pesos normalizados fueron consistentes (Saaty, 1980).

### 3.3. Pesos normalizados para las capas temáticas

Las categorías de cada capa se muestran en la **Tabla 3**, cuyos valores representan el rango de importancia de clasificación de cada capa.

**Tabla 3.** Pesos normalizados de las capas temáticas. (El autor, 2020)

Capa	Categoría	Posición	wf
<b>Pm</b>	Impermeable	1	1/15=0,067
	Muy baja	2	2/15=0,133
	Baja	3	3/15=0,200
	Media	4	4/15=0,267
	Alta	5	5/15=0,333
<b>Pr</b>	250 – 500	1	1/15=0,067
	500 – 750	2	2/15=0,133
	750 – 1.000	3	3/15=0,200
	1.000 – 1.250	4	4/15=0,267
	1.250 – 1.500	5	5/15=0,333

**Continuación Tabla 3.** Pesos normalizados de las capas temáticas. (El autor, 2020)

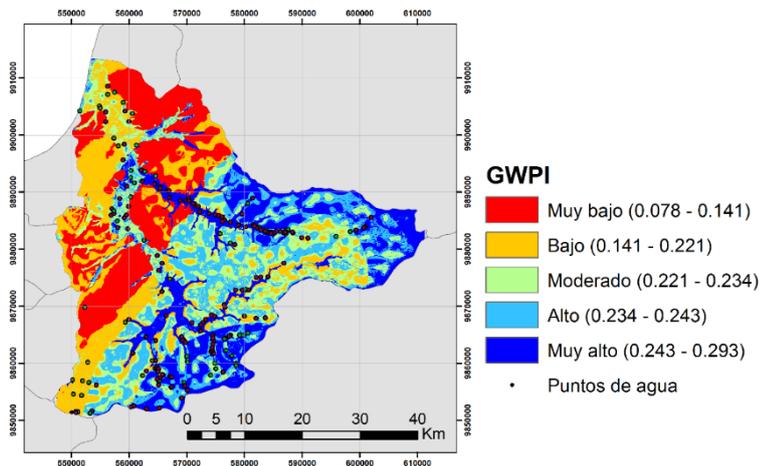
Capa	Categoría	Posición	wf
<b>Dd</b>	>5	1	1/15=0,067
	3 – 5	2	2/15=0,133
	2 – 5	3	3/15=0,200
	0,5 – 2	4	4/15=0,267
	<0,5	5	5/15=0,333
<b>Pt</b>	>60	1	1/55=0,018
	30 – 60	2	2/55=0,036
	15 – 30	3	3/55=0,055
	10 – 15	4	4/55=0,073
	5 – 10	5	5/55=0,091
	2 – 5	6	6/55=0,109
	1 – 2	7	7/55=0,127
	0,5 – 1	8	8/55=0,145
	0,2 – 0,5	9	9/55=0,164
	0 – 0,2	10	10/55=0,182
<b>NDVI</b>	<0,01	1	1/15=0,067
	0,01 – 0,1	2	2/15=0,133
	0,1 – 0,2	3	3/15=0,200
	0,2 – 0,4	4	4/15=0,267
	>0,4	5	5/15=0,333

Pm: permeabilidad de la roca. Pr: precipitación. Dd: densidad de drenaje. Pt: pendiente de terreno. NDVI: índice de vegetación de diferencia normalizada. wf: peso normalizado de cada categoría de capa temática.

### 3.4. Mapa de zonas potenciales de aguas subterráneas de la cuenca del río Portoviejo

En la **Figura 8** se muestra el mapa de zonas potenciales de agua subterránea del área de estudio, basado en las cinco capas temáticas, donde se observa que las áreas de muy alta y alta potencialidad se encuentran en zonas de alta y media permeabilidad, influenciadas por la precipitación y la baja

densidad de drenajes, siendo estas la cuenca alta y el cauce del río Portoviejo. Así mismo, las zonas de baja y muy baja potencialidad se corresponden con la litología considerada como impermeable y muy baja. El mapa presentado no muestra la cantidad de agua subterránea en la cuenca del río Portoviejo, sino la posible existencia de agua subterránea sin considerar la abundancia existente en el área de estudio, es decir, en las zonas donde el GWPI es muy alto mayor probabilidad que exista agua subterránea que en las zonas con GWPI muy bajo.



**Figura 8.** Mapa de zonas potenciales de agua subterráneas de la cuenca del río Portoviejo. (El autor, 2020)

### 3.5. Validación del mapa resultante

En la cuenca de río Portoviejo existen 209 puntos de agua (Burbano et al., 2015), de los cuales, 180 se encuentran en zonas de muy alto, alto y moderado potencial, mientras que los 29 puntos de agua restantes, se encuentran en zonas de baja y muy baja potencialidad de aguas subterráneas. Esta información indica una efectividad del 87 % para el mapa de zonas potenciales de aguas subterráneas de la cuenca del río Portoviejo del presente trabajo. La **Tabla 4** muestra el número y el porcentaje de la categorización de los puntos de agua a partir del mapa resultante.

Los resultados son comparables a los reportados en otros estudios. Ajay Kumar et al. (2020) en Maharashtra, India, obtuvieron una efectividad del 84 %; Mohammadi-Behzad et al. (2019) obtuvieron un 79 % de validez de los resultados para la cuenca Leylia-Keynow, Irán, mientras que en Ecuador, Macas-Espinosa & López-Escobar (2018), lograron una efectividad de 70 % en la demarcación hidrográfica Puyango Catamayo. De esta manera, puede decirse que el método aplicado mostró una alta efectividad para la estimación de las zonas potenciales de agua subterránea.

**Tabla 4.** Número y porcentaje de puntos de agua por GWPI. (El autor, 2020)

<b>Rango GWPI</b>	<b>Categoría</b>	<b>Puntos de agua</b>	<b>Porcentaje (%)</b>	<b>Porcentaje acumulado (%)</b>
>0,243	Muy alto	87	42	42
0,234-0,243	Alto	33	16	58
0,221-0,234	Moderado	60	29	87*
0,141-0,221	Bajo	22	10	97
0,078-0,141	Muy bajo	7	3	100
<b>Total</b>		<b>209</b>	<b>100</b>	

GWPI: índice de potencialidad de aguas subterráneas.

\* Porcentaje de efectividad.

Los resultados del presente estudio podrían considerarse como información relevante en la gestión del recurso hídrico de la cuenca del río Portoviejo, constituyendo una primera aproximación a investigaciones más profundas sobre la determinación de acuíferos dentro del área en cuestión, y como ejemplo para nuevos abordajes en diferentes cuencas del país. Todo esto considerando los resultados obtenidos en el índice de efectividad, donde se muestra una clara validez del método para la determinación de zonas con potencial de explotación de agua subterránea.

#### 4. CONCLUSIONES

En este estudio, se utilizó el AHP basado en SIG y teledetección para generar el mapa de zonas potenciales de aguas subterráneas de la cuenca del río Portoviejo. Los resultados indican que estas zonas están controladas principalmente por la permeabilidad de la roca, la precipitación y la densidad de drenajes. El mapa de zonas potenciales de agua subterránea muestra que en la cuenca alta y en el cauce del río Portoviejo (GWPI alto y muy alto) existen mayor posibilidad de existencia de agua subterránea que en la cuenca baja (GWPI bajo y muy bajo). El mapa resultante no proporciona información respecto a la abundancia de agua subterráneas, únicamente muestra la posible existencia de ella. La validación de los resultados demostró que el AHP tuvo una efectividad del 87 % en la predicción de las zonas potenciales de agua subterránea. Por lo tanto, sobre la base de los resultados de esta investigación y la efectividad del mapa de zonas potenciales de aguas subterráneas, puede concluirse que la metodología aplicada, junto con los parámetros utilizados, es un marco útil para la evaluación rápida del potencial de las aguas subterráneas, pudiéndose recomendar su aplicación en otras zonas, especialmente en áreas con escasez de datos.

#### 5. REFERENCIAS

- Agarwal, R., & Garg, P. (2016). Remote sensing and GIS based groundwater potential & recharge zones mapping using multi-criteria decision making technique. *Water resources management*, 30(1), 243-260. <https://doi.org/10.1007/s11269-015-1159-8>
- Ajay Kumar, V., Mondal, N. C. & Ahmed, S. (2020). Identification of groundwater potential zones using RS, GIS and AHP techniques: a case study in a part of Deccan volcanic province (DVP), Maharashtra, India. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 48, 497–511. <https://doi.org/10.1007/s12524-019-01086-3>
- Anbarasu, S., Brindha, K., & Elango, L. (2019). Multi-influencing factor method for delineation of groundwater potential zones using remote sensing and GIS techniques in the western part of Perambalur district, southern India. *Earth Science Informatics*, 13, 317–332. <https://doi.org/10.1007/s12145-019-00426-8>
- Arabameri, A., Rezaei, K., Cerda, A., Lombardo, L., & Rodrigo-Comino, J. (2019). GIS-based groundwater potential mapping in Shahroud plain, Iran. A comparison among statistical (bivariate and multivariate), data mining and MCDM approaches. *Science of the Total Environment*, 658, 160-177. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.12.115>
- Ayazi, M. H., Pirasteh, S., Arvin, A., Pradhan, B., Nikouravan, B., & Mansor, S. (2010). Disasters and risk reduction in groundwater: Zagros Mountain Southwest Iran using geoinformatics techniques. *Disaster Adv*, 3(1), 51-57.
- Benjmel, K., Amraoui, F., Boutaleb, S., Ouchchen, M., Tahiri, A., & Touab, A. (2020). Mapping of Groundwater Potential Zones in Crystalline Terrain Using Remote Sensing, GIS Techniques, and Multicriteria Data Analysis (Case of the Ighrem Region, Western Anti-Atlas, Morocco). *Water*, 12(2), 471. <https://doi.org/10.3390/w12020471>
- Burbano, N., Becerra, S., & Pasquel, E. (2011). *Caracterización Hidrogeológica de las Cuencas Portoviejo - Chone*. Instituto Nacional de Hidrología y Meteorología. Quito, Ecuador.
- Burbano, N., Becerra, S., & Pasquel, E. (2015). *Introducción a la Hidrogeología del Ecuador*. Instituto Nacional de Hidrología y Meteorología. Quito, Ecuador.
- Camacho-López, C. O. & Astudillo-Fernández, V. M. (2020). Evaluación del aprovechamiento empírico del agua subterránea somera del cantón Morona-Ecuador. *Dominio de las Ciencias*, 6(2), 460-473.
- Çelik, R. (2019). Evaluation of Groundwater Potential by GIS-Based Multicriteria Decision Making as a Spatial Prediction Tool: Case Study in the Tigris River Batman-Hasankeyf Sub-Basin, Turkey. *Water*, 11(12), 1-16. <https://doi.org/10.3390/w11122630>
- Das, B., Pal, S. C., Malik, S., & Chakraborty, R. (2019). Modeling groundwater potential zones of Puruliya district, West Bengal, India using remote sensing and GIS techniques. *Geology, Ecology, and Landscapes*, 3(3), 223-237. <https://doi.org/10.1080/24749508.2018.1555740>
- Engelbertz, D. T., Zambrano, J. C., Cedeño, T. E., Alfaro, S. Z., Pico, J. F., Delgado, J. Q., Melendez, N. M., Castro, G. V., & Cárdenas, M. P. (2015). Dinámica de los eventos climáticos extremos en la cuenca del río Portoviejo, Manabí, Ecuador. *La Técnica: Revista de las Agrociencias*, 14, 80-91. [https://doi.org/10.33936/la\\_tecnica.v0i14.585](https://doi.org/10.33936/la_tecnica.v0i14.585)
- Escobar, J., Betancur, T., García, E., Martínez, C., & Palacio, P. (2017). Análisis jerárquico ponderado aplicado a la identificación de recarga y flujos regionales en acuíferos. *Revista Politécnica*, 13(24), 37-48. <https://revistas.elpoli.edu.co/index.php/pol/article/view/1089>
- Hamdani, N., & Baali, A. (2020). Characterization of groundwater potential zones using analytic hierarchy process and integrated geomatic techniques in Central Middle Atlas (Morocco). *Applied Geomatics*, 12, 323–335. <https://doi.org/10.1007/s12518-020-00300-z>
- López-Pérez, A., Martínez-Menes, M. R., & Fernández-Reynoso, D. S. (2015). Priorización de áreas de intervención mediante análisis morfométrico e índice de vegetación. *Tecnología y Ciencias del Agua*, 6(1), 121-137.
- Macas-Espinosa, V. X., & López-Escobar, K. F. (2018). Potencial para la exploración de aguas subterráneas en la Demarcación Hidrográfica Puyango Catamayo, Ecuador, utilizando un proceso de análisis jerárquico basado en SIG y teledetección. *Revista de Teledetección*, 51, 135-145. <https://doi.org/10.4995/raet.2018.7592>
- Mandviwala, M. D., Joshi, G. S., & Prakash, I. (14-15 de octubre de 2016). *Assessment of impact of the flood causative factors for flood vulnerability in lower Tapi river basin using GIS and remote sensing* [Discurso principal]. National Conference on Water Resources & Flood Management with special reference to Flood Modelling. Surat, India.
- Mohammadi-Behzad, H., Charchi, A., Kalantari, N., Nejad, A. M., & Vardanjani, H. K. (2019). Delineation of groundwater potential zones using remote sensing (RS), geographical information system (GIS) and analytic

- hierarchy process (AHP) techniques: a case study in the Leylia–Keynow watershed, southwest of Iran. *Carbonates and Evaporites*, 34(4), 1307-1319. <https://doi.org/10.1007/s13146-018-0420-7>
- Morillo Ortíz, M. R. (2019). *Sistema de manejo integrado de recursos hídricos naturales de la ciudad del conocimiento Yachay-Ecuador* [Tesis de Maestría, Universidad Técnica del Norte]. Repositorio Digital - Universidad Técnica del Norte.
- Naghibi, S. A., Pourghasemi, H. R., & Dixon, B. (2016). GIS-based groundwater potential mapping using boosted regression tree, classification and regression tree, and random forest machine learning models in Iran. *Environmental monitoring and assessment*, 188(1), 1-27. <https://doi.org/10.1007/s10661-015-5049-6>
- Neira, D., Alarcón, F., Vicuña, S., Vega, R., García, M., Poma, J., & Pabón, C. (2009). *Estudio de vulnerabilidad actual a los riesgos climáticos en el sector de los recursos hídricos en las cuencas de los Ríos Paute, Jubones, Catamayo, Chone, Portoviejo y Babahoyo*. Ministerio del Ambiente. Quito, Ecuador.
- Oh, H.-J., Kim, Y.-S., Choi, J.-K., Park, E., & Lee, S. (2011). GIS mapping of regional probabilistic groundwater potential in the area of Pohang City, Korea. *Journal of Hydrology*, 399(3-4), 158-172. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2010.12.027>
- Rahmati, O., Nazari Samani, A., Mahdavi, M., Pourghasemi, H. R., & Zeinivand, H. (2015). Groundwater potential mapping at Kurdistan region of Iran using analytic hierarchy process and GIS. *Arabian Journal of Geosciences*, 8(9), 7059-7071. <https://doi.org/10.1007/s12517-014-1668-4>
- Rahmati, O., Pourghasemi, H. R., & Melesse, A. M. (2016). Application of GIS-based data driven random forest and maximum entropy models for groundwater potential mapping: a case study at Mehran Region, Iran. *Catena*, 137, 360-372. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2015.10.010>
- Saaty, T. L. (Ed.) (1980). *The analytic hierarchy process, planning, priority setting, resource allocation*. McGraw-Hill International Book Company.
- SENAGUA. (2010). Acuerdo ministerial 66: Establece y delimita las nueve demarcaciones hidrográficas en tanto unidades administrativas desconcentradas en lo administrativo y financiero. Secretaría Nacional del Agua, Ecuador. 20 de enero de 2010.
- Sumpsi, J. M., Garrido, A., Blanco, M., Varela, C., & Iglesias, E. (1998). *Economía y política de gestión del agua en la agricultura*. Mundi-Prensa Madrid.
- Thielen, D., Cevallos, J., Erazo, T., Zurita, I., Figueroa, J., Velásquez, G., Matute, N., Quintero, J., & Puche, M. L. (2016). Dinámica espacio-temporal de las precipitaciones durante el evento de El Niño 97/98 en la cuenca de río Portoviejo, Manabí, costa ecuatoriana del Pacífico. *Revista de climatología*, 16, 35-50.
- Vargas-Rojas, R. (2009). *Guía para la descripción de suelos (No. FAO 631.44 G943 2009)*. FAO. Roma, Italia.
- Zambrano Mera, Y. E. (2020). *Determinación de medidas de gestión de sequías en climas tropicales. Aplicación a la Demarcación Hidrográfica de Manabí-Ecuador* [Tesis de Maestría, Universidad Politécnica de Valencia]. Repositorio Institucional UPV.
- Zevallos, O. (2015). *Proyecto gestión del riesgo ENSO en América latina. Investigación comparativa, información y capacitación desde una perspectiva social*. Escuela Politécnica Nacional. Quito, Ecuador.

#### Contribución de autores

Autor	Contribución
Jorge Chonlong	Concepción y diseño, redacción del artículo, adquisición de datos, análisis e interpretación, metodología, revisión del artículo, validación, búsqueda bibliográfica, búsqueda de información, aplicación de software estadístico.
Henry Pacheco	metodología, revisión del artículo, validación.



## URSOLIC ACID: AN OVERVIEW INCLUDING RESEARCH PERFORMED IN PERU

Michael Azael Ludeña Huaman<sup>1\*</sup>, René Isabel Huamán Quispe<sup>2</sup>, Ana Luz tupa Quispe<sup>2</sup>  
, Carlos Alberto Serrano Flores<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento Académico de Química, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco (UNSAAC), Av. de la Cultura, 733, Cusco, Perú. E-mail: [michael.ludenah@unsaac.edu.pe](mailto:michael.ludenah@unsaac.edu.pe); [carlos.serrano@unsaac.edu.pe](mailto:carlos.serrano@unsaac.edu.pe)

<sup>2</sup>Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional de Ingeniería, Av. Tupac Amaru 210, Rímac, Lima, Perú. E-mail: [ana.tupa.q@uni.pe](mailto:ana.tupa.q@uni.pe); [renee.huaman.q@uni.pe](mailto:renee.huaman.q@uni.pe)

\*Autor para la correspondencia: [michael.ludenah@unsaac.edu.pe](mailto:michael.ludenah@unsaac.edu.pe)

Recibido: 7-2-2021 / Aceptado: 6-4-2021 / Publicación: 30-4-2021

Editor Académico: Elvia Victoria Cabrera

### ABSTRACT

Ursolic acid (3 $\beta$ -3-hydroxy-urs-12-en-28-oic-acid) is a pentacyclic triterpenoid compound present in many medicinal herbs and edible fruits of different species of plants. Ursolic acid is now considered an important biomolecule due to its pharmacological activity and much of the research has focused on anticancer activity. To achieve the clinical application of ursolic acid, delivery nanosystems have been developed and the synthesis of its derivatives has also been carried out. In this review, we address different aspects of the chemistry of ursolic acid. Furthermore, we highlight the investigations that were carried out in Peru concerning ursolic acid.

**Keywords:** Ursolic acid, Triterpenoid, Lamiaceae, Medicinal plants.

### ÁCIDO URSÓLICO: UNA REVISIÓN GENERAL QUE INCLUYE INVESTIGACIONES REALIZADAS EN PERÚ

### RESUMEN

El ácido ursólico (ácido 3 $\beta$ -hidroxi-urs-12-en-28-óico) es un triterpenoide pentacíclico presente en varias hierbas medicinales y frutos comestibles de diferentes especies de plantas, es considerado una importante biomolécula debido a su actividad farmacológica y gran parte de las investigaciones se han enfocado en su actividad anticancerígena. Para lograr la aplicación clínica del ácido ursólico, se han desarrollado nanosistemas para su administración y también se han sintetizado gran cantidad de derivados. En esta revisión abordamos diferentes aspectos de la química del ácido ursólico, y además, destacamos las investigaciones que se llevaron a cabo en el Perú.

**Palabras clave:** Ácido ursólico, Triterpenoide, Lamiaceae, Plantas medicinales.

# ÁCIDO URSÓLICO: UMA REVISÃO GERAL INCLUINDO PESQUISAS REALIZADAS NO PERÚ

## RESUMO

---

O ácido ursólico (ácido 3 $\beta$ -hidroxi-urs-12-en-28-óico) é um triterpenóide pentacíclico presente em muitas ervas medicinais e frutas comestíveis de diferentes espécies de plantas, o ácido ursólico é considerado uma biomolécula importante devido à sua atividade farmacológica e muitas pesquisas têm focalizado sua atividade anticancerígena. Para alcançar a aplicação clínica do ácido ursólico, desenvolveram-se nanosistemas para sua administração e também se realizou a síntese de seus derivados. Nesta revisão, abordamos diferentes aspectos da química do ácido ursólico e, além disso, destacamos as pesquisas realizadas no Perú.

**Palavras-chave:** Ácido ursólico, Triterpenóide, Lamiaceae, Plantas medicinais.

---

Citación sugerida: Ludeña, M., Huamán, R., Tupa, A., Serrano, C. (2021). Ursolic acid: an overview including research performed in peru. Revista Bases de la Ciencia, 6(1), 19-32. DOI: [https://doi.org/10.33936/rev\\_bas\\_de\\_la\\_ciencia.v%vi%i.3097](https://doi.org/10.33936/rev_bas_de_la_ciencia.v%vi%i.3097) Recuperado de: <https://revistas.utm.edu.ec/index.php/Basedelaciencia/article/view/3097>

---

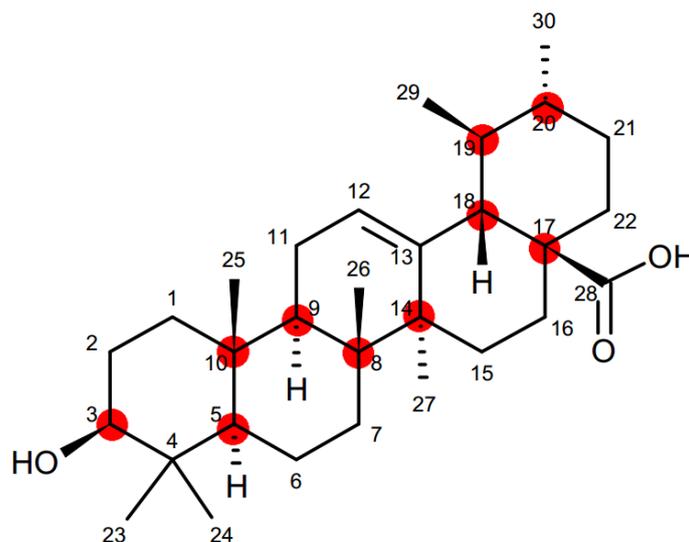
## INTRODUCTION

The triterpenoids are a large group of natural compounds biosynthesized through the cyclization of 2,3-oxidosqualene (Cárdenas et al., 2019; Yao et al., 2020) and among more than 20,000 different structures known so far, the ursolic acid (UA) ( $3\beta$ -3-hydroxy-urs-12-ene-28-oic-acid) is widely distributed in different vegetal species, including the cuticular wax from fruits edible and medicinal herbs (Jäger et al., 2009; Szakiel et al., 2012; López et al., 2018). Several analytical methods have been developed for qualitative and quantitative analysis of UA in different raw materials. Chromatographic analytical methods such as HPLC, UPLC, and GC are the most employed for the analysis of UA (Pironi et al., 2018). However, in recent years electrochemical methods have also been developed (Feng et al., 2020). UA and their synthetic derivatives displays different pharmacological activities such as anticancer (Kashyap et al., 2016; Khwaza et al., 2020), antidiabetic (Numonov et al., 2020), anti-inflammatory (Wei et al., 2018), antioxidant (Habtemariam, 2019), and antimicrobial (Jyoti et al., 2016). The biological activity of UA is attributed to its chemical structure, especially the hydroxyl and carboxyl group at the C-3 and C-28 positions, respectively (Vo et al., 2019). These groups facilitate chemical modification to improve the bioactive properties of UA and to develop new bioactive agents (Zhou et al., 2017). Furthermore, due to the lipophilic character of UA, it can interact with phospholipids and cause a disruption of the integrity of the membrane, which allows it to enter and influence the activity of various enzymes (Fajardo et al., 2017). Nevertheless, the low solubility in water and poor bioavailability of UA hinders its preclinical or clinical application. Currently, various strategies are developed to improve or overcome these disadvantages, for example, chemical modification of the UA skeleton (Hodon et al., 2019), and nanosystems for the delivery of UA (Shao et al., 2020). Notable progress has been made in the formulation of UA-nanoliposomes in subjects with advanced solid tumors (Qian et al., 2015). In this review, we address all these points in a general way and also highlight the investigations that were carried out in Peru concerning UA.

### 1. Structure of ursolic acid

Ursolic acid or ( $3\beta$ -3-hydroxy-urs-12-ene-28-oic-acid) is an ursane-type pentacyclic triterpenoid, which has the chemical formula of  $C_{30}H_{48}O_3$  and a molecular mass of 456.7 g/mol, with a melting point of 283–285 °C (Chan et al., 2019). It has a complex structure with a skeleton of 30-carbons of which ten are chiral centers (**Figure 1**). UA is poorly soluble in water, but it is easily dissolved in ethanol (Fan et al., 2011). The crystal structure of UA is orthorhombic with  $P2_12_12_1$  space group,  $a(\text{Å}) = 7.199 (1)$ ,  $b(\text{Å}) = 12.157 (2)$ ,  $c(\text{Å}) = 33.888 (2)$ , and formula unit per cell ( $Z = 4$ ), ethanol solvate (Zhou et al., 2015). The characteristic spectroscopic signals of UA are as follows: The UV spectrum shows maximum absorption wavelength of ~450 nm. The IR spectrum shows strong

absorptions at  $3562\text{ cm}^{-1}$  (OH alcohol),  $2937\text{ cm}^{-1}$  (OH acid),  $2865\text{ cm}^{-1}$  (C=C) and  $1698\text{ cm}^{-1}$  (C=O). The  $^{13}\text{C}$ -NMR spectrum shows 30 carbon signals, of which seven quaternary carbons, seven methines, nine methylenes and seven methyls are deduced from the DEPT experiments (Babalola & Shode, 2013). The chemical shift at  $\delta 180.0$  is attributed to the carboxylic acid (C-28),  $\delta 78.1$  to the hydroxyl (C-3),  $\delta 125.6$  and  $\delta 139.7$  to double bond C-12 and C-13 respectively (Uddin et al., 2011). Integrating the information of 1D-NMR ( $^1\text{H}$ ,  $^{13}\text{C}$  and DEPT) with 2D-NMR (COSY, HSQC and HMBC) the signals corresponding to each carbon and hydrogen can be identified (Ludeña & Tupa, 2017).

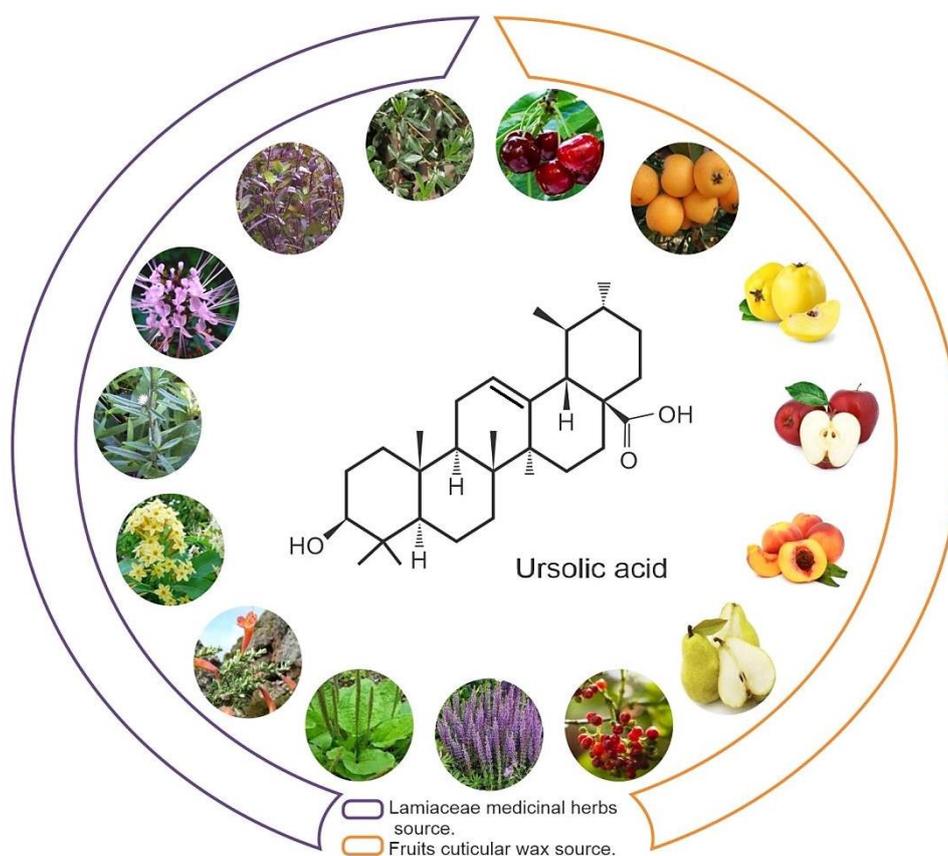


**Figure 1.** Structure of ursolic acid (UA) and chiral centers (●) (Adapted from SciFinder 77-52-1)

## 2. Sources of ursolic acid

UA represents a family of pentacyclic triterpenes and is widely distributed in different species of plants. In the literature, there are many phytochemical studies on the identification and quantification of UA in numerous medicinal herbs, including *Plantago major* (Kartini et al., 2014), *Ocimum sanctum* (Vetal et al., 2014), *Psychotria viridis* (Soares et al., 2017), *Sinningia mauroana* (Winiewski et al., 2020), and other species. In particular, plants belonging to the Lamiaceae family are characterized by containing UA in the various organs of the plant, which can be considered as a taxonomic marker (Janicsák et al., 2006; Silva et al., 2008). On the other hand, the cuticular wax responsible for the wettability and permeability properties of the cuticle, is also a source of biologically active pentacyclic triterpenoids (Szakiel et al., 2012). UA has been identified in the cuticular wax of many edible fruits, such as cherry, loquat, pear, peach, quince, apple, bilberry and high amounts of this triterpene had been detected in the cuticular wax of five fruits of the Rosaceae family (Ludeña & Ramos, 2019) (**Figure 2**). Regarding the preparation of UA, to the best of our knowledge, only two works have developed an easy and economically feasible method to obtain

UA crystals, both works use the recrystallization method. However, Fan et al. (2016) uses the apple peel as raw material and Ludeña (2018) uses the medicinal herb *Clinopodium revolutum* belonging to the Lamiaceae family as raw material.

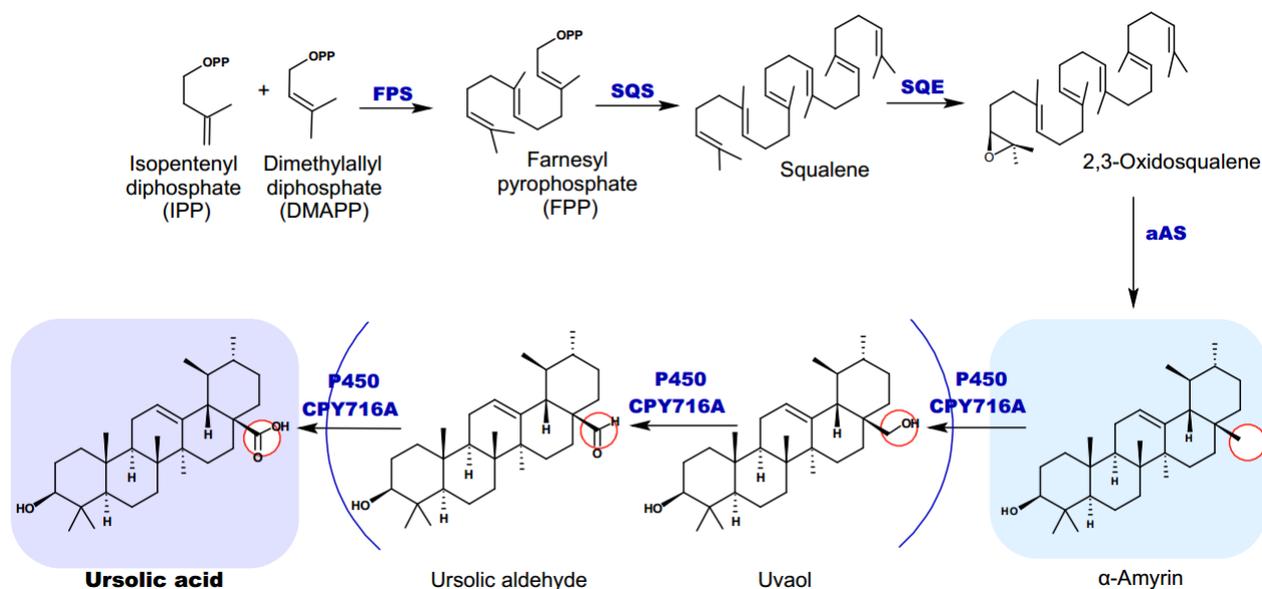


**Figure 2.** Medicinal herbs and cuticular wax from different fruits in which ursolic acid has been identified, quantified or extracted (own elaboration)

### 3. Biosynthesis of ursolic acid

Pentacyclic triterpenoids form a large family of complex chemical structures. These compounds are biosynthesized in the cytosol via the mevalonate pathway (Adam et al., 1999) (Chappell, 2002). Briefly, the mevalonate (MVA) pathway starts with molecules of acetyl-CoA and involves a series of enzymes that promote their condensation to give rise to the precursors identified as isopentenyl diphosphate (IPP) and dimethylallyl diphosphate (DMAPP) (Miziorko, 2011). Different prenyltransferases catalyze the sequential chain elongation of DMAPP with IPP to synthesize the intermediate farnesyl pyrophosphate (FPP), which is converted to squalene by squalene synthase (SQS) and, then squalene is oxidized to 2,3-oxidosqualene by squalene epoxidase (SQE) (Phillips et al., 2006; Thimmappa et al., 2014). The cyclization of 2,3-oxidosqualene by oxidosqualene cyclases (OSCs) is the first step that gives rise to the biosynthesis of sterol or triterpene scaffolds, the chain-chain-chain conformation organizes cyclization to generate simple triterpene scaffolds

such as  $\alpha$ -amyrin,  $\beta$ -amyrin, and lupeol (Xu et al., 2004; Abe, 2007). These triterpene scaffolds are modified by cytochrome P450 monooxygenases, leading to the corresponding C-28 oxidized products (Seki et al., 2015; Ghosh, 2017). In particular, the  $\alpha$ -amyrin is a precursor of UA, which is generated by cyclization of 2,3-oxidosqualene by the OSC  $\alpha$ -amyrin synthase (aAS). Subsequently, the CYP716A enzyme modifies this triterpenol, which catalyzes three-step oxidation at the C-28 position of  $\alpha$ -amyrin to produce UA through uvaol and ursolic aldehyde (**Figure 3**) (Lu et al., 2018; Suzuki et al., 2019; Srisawat et al., 2019).



**Figure 3.** Scheme of the biosynthesis of ursolic acid. The enzymes that catalyze the different steps are: FPS, farnesyl pyrophosphate synthase; SQS, squalene synthase; SQE, squalene epoxidase; aAS,  $\alpha$ -amyrin synthase. Modification of the triterpene  $\alpha$ -amyrin in three-step oxidations catalyzed by CYP716A enzymes at position C-28 (own elaboration)

#### 4. Detection of ursolic acid

Up to now, several analytical methods for the determination of UA in different matrices have been developed and validated. Among these, TLC is excellent for the preliminary chemical evaluation in plant extracts (Jamal et al., 2018). Furthermore, TLC allows the separation and identification of pentacyclic triterpenes of similar structure such as oleanolic acid, lupeol, etc (Mučaji & Nagy, 2011; Martelanc et al., 2016). However, HPLC is the preferred technique due to its simplicity, excellent sensitivity, and resolution (Li et al., 2019). GC is also used for the separation, quantification and structural determination of UA, the advantage of this technique is its sensitivity and precision in the analysis (Razboršek et al., 2008). Nonetheless, it is mandatory to perform derivatization (Silylation or acetylation) to all pentacyclic triterpenoids prior to their GC-FID or GC-MS analysis (Jemmali et al., 2016). Spectroscopic methods such as one-dimensional (1D) and two-dimensional (2D) NMR spectroscopy can also be used for the identification and quantification

of various pentacyclic triterpenoids, including UA, in complex matrices of plant extracts (Kontogianni et al., 2009; Palu et al., 2019). Lacikova et al. (2006) developed and validated a direct and specific method by tandem mass spectrometric (MS-MS) for the quantification of UA in the leaves of different plant species, without the need for chemical derivatization or chromatographic separation of the herbal matrix. Capillary electrophoresis (CE) has also been used, which is an inexpensive and useful technique to investigate pentacyclic triterpenoids with the advantages of remarkable separation efficiency, simplicity, reproducibility, and speed (Yang et al., 2007; Gao et al., 2015). Although most research has been based on the use of chromatographic techniques, currently there are studies in which electrochemical methods are used in the detection and quantification of UA (Tyszczyk et al., 2015). For example, differential pulse voltammetry (DPV) in which the potential changes linearly with time (linear sweep of potential) superimposed by potential pulses of amplitude between 10 and 100 mV, over several milliseconds. This technique has shown high sensitivity, rapid response, and low limit of detection in the quantification of UA (Oancea et al., 2019; Feng et al., 2020).

## 5. Ursolic acid: a look from inside the Peru

In order to know the investigations carried out in Peru to date, concerning UA, an exhaustive search was carried out in academic databases such as SciFinder, SciELO, PubMed, Dialnet, DOAJ, Biblat, ScienceDirect and search websites such as Google Scholar. Despite the fact that Peru is one of the twelve megadiverse countries on the planet with a large number of plant species with medicinal properties used by the population (Herrera et al., 2019), only seven academic publications upon UA have been found. The Lamiaceae are represented in Peru by around 21 genera and 190 species, of which 57 are recognized as endemic species (Rodriguez, 2013). Further, Peru annually produces tons of Rosaceae edible fruits such as apple, pear, peach and also has different Rosaceae native fruits such as *Hesperomeles heterophylla*, *Prunus serotina*, and *Rubus glaucus* known as “millucapa”, “capulí”, and “zarzamora”, respectively (Mostacero et al., 2017). From the foregoing, it is clear that there are several plants still available in nature to investigate, and not just about UA. The investigations carried out in Peru on UA, consist of the identification (3 articles), quantification (3 articles) and preparation (1 article). Neto et al. (2000) contributed to the identification of four known triterpenoids in the ethanolic extract of *Polylepis racemosa*, known as “queñual”, which is used in traditional Peruvian medicine to treat uterine cancer and inflammation, among these triterpenoids, UA was identified by <sup>1</sup>H- and <sup>13</sup>C-NMR, now the use of this plant to treat uterine inflammation may be explained by the presence of UA, a powerful natural anti-inflammatory compound. Later, Kawano et al. (2009) presented the active components in the methanolic extract of *Cestrum auriculatum* and *Cestrum hediundinum*, both medicinal herbs are known as “Hierba

santa" and are used to alleviate many kind of symptoms, including headache, hemorrhoids, fever, and rheumatism, UA was identified in the extract of *Cestrum auriculatum* by direct comparison of <sup>1</sup>H-NMR and TLC with the authentic compound. The traditional remedy *Pseudelephantopus spicatus*, known as "mata pasto" used by the Chayahuita, an ethnic group from the Peruvian Amazonia, was studied by Odonne et al. (2011). They discovered in the ethanolic extract the active compounds of this plant, among these compounds UA was identified by <sup>1</sup>H and <sup>13</sup>C-NMR. In the last year, Serrano et al. (2020) as part of their research project on the evaluation of pentacyclic triterpenoids in Peruvian species of Lamiaceae, identified and quantified by HPLC the content of UA and other triterpenoids in thirteen Peruvian species of Lamiaceae (**Table 1**) (Serrano et al., 2016).

**Table 1.** List of Peruvian plants in which ursolic acid has been identified or quantified. Information is included on the sites where these plants were collected, the organ that was analyzed and the method used (own elaboration)

Species	Plant origin	Amount of AU; Plant part; Method
<i>Lepechinia meyenii</i> (Lamiaceae) <sup>a</sup>	Cusco	7.9 mg/g; Dried aerial; HPLC
<i>Clinopodium brevicalyx</i> (Lamiaceae) <sup>a</sup>	Cusco	7.7 mg/g; Dried aerial; HPLC
<i>Salvia oppositiflora</i> (Lamiaceae) <sup>a</sup>	Cusco	5.8 mg/g; Dried aerial; HPLC
<i>Lepechinia floribunda</i> (Lamiaceae) <sup>a</sup>	Cusco	5.3 mg/g; Dried aerial; HPLC
<i>Minthostachys mollis</i> (Lamiaceae) <sup>a</sup>	Lima	17.6 mg/g; Dried aerial; HPLC
<i>Salvia sagittata</i> (Lamiaceae) <sup>a</sup>	Huánuco	19.7 mg/g; Dried aerial; HPLC
<i>Salvia cuspidate</i> (Lamiaceae) <sup>a</sup>	Lima	14.2 mg/g; Dried aerial; HPLC
<i>Clinopodium revolutum</i> (Lamiaceae) <sup>a</sup>	Huánuco	48.1 mg/g; Dried aerial; HPLC
<i>Clinopodium sericeum</i> (Lamiaceae) <sup>a</sup>	Amazonas	33.4 mg/g; Dried aerial; HPLC
<i>Salvia haenkei</i> (Lamiaceae) <sup>a</sup>	Moquegua	19.5 mg/g; Dried aerial; HPLC
<i>Salvia dombeyi</i> (Lamiaceae) <sup>a</sup>	Lima	11.8 mg/g; Dried aerial; HPLC
<i>Hedeoma mandoniana</i> (Lamiaceae) <sup>a</sup>	Cusco	13.3 mg/g; Dried aerial; HPLC
<i>Clinopodium pulchellum</i> (Lamiaceae) <sup>a</sup>	Ancash	15.8 mg/g; Dried aerial; HPLC
<i>Clinopodium bolivianum</i> (Lamiaceae) <sup>b</sup>	Puno	4.7 mg/g; Dried aerial; HPLC
<i>Polylelis racemosa</i> (Rosaceae) <sup>c</sup>	Ancash	Identified; Bark and stem; <sup>1</sup> H and <sup>13</sup> C-NMR
<i>Pseudelephantopus spicatus</i> (Asteraceae) <sup>d</sup>	Amazonas	Identified; Leaves; <sup>1</sup> H and <sup>13</sup> C-NMR
<i>Cestrum auriculatum</i> (Solanaceae) <sup>e</sup>	Cusco	Identified; Dried aerial; <sup>1</sup> H-NMR and TLC
<i>Cestrum hediundinum</i> (Solanaceae) <sup>e</sup>	Amazonas	No present
<i>Malus domestica</i> (Rosaceae) <sup>f</sup>	Cusco-market	9.38 mg/g; Dried peel; HPLC
<i>Prunus pérsica</i> (Rosaceae) <sup>f</sup>	Cusco-market	2.97 mg/g; Dried peel; HPLC
<i>Pyrus communis</i> (Rosaceae) <sup>f</sup>	Cusco-market	7.25 mg/g; Dried peel; HPLC
<i>Chaenomeles japónica</i> (Rosaceae) <sup>f</sup>	Cusco-market	5.69 mg/g; Dried peel; HPLC
<i>Eriobotrya japonica</i> (Rosaceae) <sup>f</sup>	Cusco-market	8.01 mg/g; Dried peel; HPLC

<sup>a</sup>Serrano et al. (2020), <sup>b</sup>Serrano et al. (2016), <sup>c</sup>Neto et al. (2000), <sup>d</sup>Odonne et al. (2011), <sup>e</sup>Kawano et al. (2009), <sup>f</sup>Ludeña & Ramos, 2019.

Also, they evaluated in these species the content of total phenols, flavonoids, hydroxycinnamic acids, and antioxidant capacity. Other publication examines the content of UA but in the cuticle wax of different edible fruits (quince, loquat, pear, peach and apple) all belonging to the Rosaceae family, the data obtained exhibited that the UA is in greater quantities (**Table 1**) (Ludeña & Ramos, 2019). Ludeña (2018) worked on a preparative method to obtain UA from the endemic Peruvian species *Clinopodium revolutum* known as “flor de arena”. The technique used was selective recrystallization, and the process consists of the extraction with ethyl acetate from the leaves, then crystallization and recrystallization with ethanol (96% v/v) were carried out. With this method, he obtained crystals of UA with purity greater than 95%, without the need for preparative chromatographic methods with silica gel or the use of toxic solvents.

## CONCLUSIONS AND FUTURE PERSPECTIVES

The evidence highlighted in this review revealed that *Clinopodium revolutum* (Lamiaceae) and *Malus domestica* (Rosaceae) are the species that accumulate the highest amount of UA. These two species can be considered the main sources of UA, which has been proven to have great pharmacological potential. Numerous studies have been conducted on UA, for example, the synthesis of its derivatives and delivery nanosystems with better pharmacokinetic properties, with which it has been possible to overcome the problem of solubility and bioavailability of UA. In addition, the biosynthesis of UA has been elucidated and several investigations have led to the identification and characterization of many cytochromes P450 that are responsible for the biosynthesis of triterpenoids. The UA has a very complex structure with ten chiral centers, for this reason it has not yet been possible to carry out the synthesis in the laboratory and to increase its production the bioengineering procedures could be a successful approach. The researches carried out in Peru are negligible compared to what has been done globally to date. However, the *Clinopodium revolutum* is an endemic species of Peru that could be an alternative for traditional crops such as potatoes, corn, beans, etc. This would generate better economic income for farmers because UA is one of the most expensive biomolecules, with an approximate cost of 280 USD for 10 mg of UA on the Sigma-Aldrich website.

## ACKNOWLEDGMENT

We thank Prof. Janet Gonzalez Bellido for the constant support and motivation to continue researching. We are also grateful to the reviewers of the manuscript.

## REFERENCES

- Abe, I. (2007). Enzymatic synthesis of cyclic triterpenes. *Natural Product Reports*, 24(6), 1311. <https://doi.org/10.1039/b616857b>
- Adam, K. P., Thiel, R., & Zapp, J. (1999). Incorporation of 1-[1-13C]Deoxy-d-xylulose in Chamomile Sesquiterpenes. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 369(1), 127-132. <https://doi.org/10.1006/abbi.1999.1346>
- Babalola, I. T., & Shode, F. O. (2013). "Ubiquitous Ursolic Acid: A Potential Pentacyclic Triterpene Natural Product". *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 2(2), 2014-222.
- Cárdenas, P. D., Almeida, A., & Bak, S. (2019). Evolution of Structural Diversity of Triterpenoids. *Frontiers in Plant Science*, 10, 1523. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.01523>
- Chan, E. W. C., Soon, C. Y., Tan, J. B. L., Wong, S. K., & Hui, Y. W. (2019). Ursolic acid: An overview on its cytotoxic activities against breast and colorectal cancer cells. *Journal of Integrative Medicine*, 17(3), 155-160. <https://doi.org/10.1016/j.joim.2019.03.003>
- Chappell, J. (2002). The genetics and molecular genetics of terpene and sterol origami. *Current Opinion in Plant Biology*, 5(2), 151-157. [https://doi.org/10.1016/S1369-5266\(02\)00241-8](https://doi.org/10.1016/S1369-5266(02)00241-8)
- Fajardo-Sánchez, E., Galiano, V., & Villalaín, J. (2017). Location of the bioactive pentacyclic triterpene ursolic acid in the membrane. A molecular dynamics study. *Journal of Biomolecular Structure and Dynamics*, 35(12), 2688-2700. <https://doi.org/10.1080/07391102.2016.1229219>
- Fan, J. P., Kong, T., Zhang, L., Tong, S., Tian, Z. Y., Duan, Y. H., & Zhang, X. H. (2011). Solubilities of Ursolic Acid and Oleanolic Acid in Four Solvents from (283.2 to 329.7) K. *Journal of Chemical & Engineering Data*, 56(5), 2723-2725. <https://doi.org/10.1021/je101309a>
- Fan, J. P., Liao, D. D., & Zhang, X. H. (2016). Ultrasonic assisted extraction of ursolic acid from apple pomace: A novel and facile technique. *Separation Science and Technology*, 51(8), 1344-1350. <https://doi.org/10.1080/01496395.2016.1165253>
- Feng, Y., Wei, Z., & Zhang, J. (2020). Determination of Ursolic Acid in Extracts From Ligustri lucidum Fruit Using an Electrochemical Method. *Frontiers in Chemistry*, 8, 444. <https://doi.org/10.3389/fchem.2020.00444>
- Gao, R., Wang, L., Yang, Y., Ni, J., Zhao, L., Dong, S., & Guo, M. (2015). Simultaneous determination of oleanolic acid, ursolic acid, quercetin and apigenin in *Swertia mussotii* Franch by capillary zone electrophoresis with running buffer modifier: Determination of four componets in *S. mussotii* Franch by CZE. *Biomedical Chromatography*, 29(3), 402-409. <https://doi.org/10.1002/bmc.3290>
- Ghosh, S. (2017). Triterpene Structural Diversification by Plant Cytochrome P450 Enzymes. *Frontiers in Plant Science*, 8, 1886. <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.01886>
- Habtemariam, S. (2019). Antioxidant and Anti-inflammatory Mechanisms of Neuroprotection by Ursolic Acid: Addressing Brain Injury, Cerebral Ischemia, Cognition Deficit, Anxiety, and Depression. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2019, 1-18. <https://doi.org/10.1155/2019/8512048>
- Herrera-Añazco, P., Taype-Rondan, A., Ortiz, P. J., Málaga, G., del Carpio-Toia, A. M., Alvarez-Valdivia, M. G., Juárez-Huanca, C., Ciudad-Fernandez, L., Bruner-Meléndez, R., Samaniego-Mojica, W., & Perez-Rafael, E. (2019). Use of medicinal plants in patients with chronic kidney disease from Peru. *Complementary Therapies in Medicine*, 47, 102215. <https://doi.org/10.1016/j.ctim.2019.102215>
- Hodon, J., Borkova, L., Pokorny, J., Kazakova, A., & Urban, M. (2019). Design and synthesis of pentacyclic triterpene conjugates and their use in medicinal research. *European Journal of Medicinal Chemistry*, 182, 111653. <https://doi.org/10.1016/j.ejmech.2019.111653>
- Jäger, S., Trojan, H., Kopp, T., Laszczyk, M., & Scheffler, A. (2009). Pentacyclic Triterpene Distribution in Various Plants - Rich Sources for a New Group of Multi-Potent Plant Extracts. *Molecules*, 14(6), 2016-2031. <https://doi.org/10.3390/molecules14062016>
- Jamal, M., Amir, M., Ali, Z., & Mujeeb, M. (2018). A comparative study for the extraction methods and solvent selection for isolation, quantitative estimation and validation of ursolic acid in the leaves of Lantana camara by HPTLC method. *Future Journal of Pharmaceutical Sciences*, 4(2), 229-233. <https://doi.org/10.1016/j.fjps.2018.07.002>
- Janicsák, G., Veres, K., Zoltán Kakasy, A., & Máthé, I. (2006). Study of the oleanolic and ursolic acid contents of some species of the Lamiaceae. *Biochemical Systematics and Ecology*, 34(5), 392-396. <https://doi.org/10.1016/j.bse.2005.12.004>

- Jemmali, Z., Chartier, A., Dufresne, C., & Elfakir, C. (2016). Optimization of the derivatization protocol of pentacyclic triterpenes prior to their gas chromatography-mass spectrometry analysis in plant extracts. *Talanta*, *147*, 35-43. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2015.09.026>
- Jyoti, M. A., Nam, K. W., Jang, W. S., Kim, Y. H., Kim, S. K., Lee, B. E., & Song, H. Y. (2016). Antimycobacterial activity of methanolic plant extract of *Artemisia capillaris* containing ursolic acid and hydroquinone against *Mycobacterium tuberculosis*. *Journal of Infection and Chemotherapy*, *22*(4), 200-208. <https://doi.org/10.1016/j.jiac.2015.11.014>
- Kartini, Piyaviriyakul, S., Siripong, P., & Vallisuta, O. (2014). HPTLC simultaneous quantification of triterpene acids for quality control of *Plantago major* L. and evaluation of their cytotoxic and antioxidant activities. *Industrial Crops and Products*, *60*, 239-246. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2014.06.020>
- Kashyap, D., Tuli, H. S., & Sharma, A. K. (2016). Ursolic acid (UA): A metabolite with promising therapeutic potential. *Life Sciences*, *146*, 201-213. <https://doi.org/10.1016/j.lfs.2016.01.017>
- Kawano, M., Otsuka, M., Umeyama, K., Yamazaki, M., Shiota, T., Satake, M., & Okuyama, E. (2009). Anti-inflammatory and analgesic components from “hierba santa,” a traditional medicine in Peru. *Journal of Natural Medicines*, *63*(2), 147-158. <https://doi.org/10.1007/s11418-008-0302-8>
- Khwaza, V., Oyediji, O. O., & Aderibigbe, B. A. (2020). Ursolic Acid-Based Derivatives as Potential Anti-Cancer Agents: An Update. *International Journal of Molecular Sciences*, *21*(16), 5920. <https://doi.org/10.3390/ijms21165920>
- Kontogianni, V. G., Exarchou, V., Troganis, A., & Gerothanassis, I. P. (2009). Rapid and novel discrimination and quantification of oleanolic and ursolic acids in complex plant extracts using two-dimensional nuclear magnetic resonance spectroscopy-Comparison with HPLC methods. *Analytica Chimica Acta*, *635*(2), 188-195. <https://doi.org/10.1016/j.aca.2009.01.021>
- Lacikova, L., Abdel-Hamid, M. E., Novotny, L., Masterova, I., & Grancai, D. (2006). A Rapid Tandem Mass Spectrometric Assay for Determination of Ursolic Acid – Application to Analysis of Ursolic Acid in Four Species of *Staphylea* L. and Leaves of *Staphylea Pinnata* L. Gathered During Ontogenesis. *Chromatographia*, *63*(3-4), 117-122. <https://doi.org/10.1365/s10337-006-0724-y>
- Li, P., Liu, A., Li, Y., Yuan, B., Xiao, W., Liu, Z., Zhang, S., & Lin, H. (2019). Development and Validation of an Analytical Method Based on HPLC-ELSD for the Simultaneous Determination of Rosmarinic Acid, Carnosol, Carnosic Acid, Oleanolic Acid and Ursolic Acid in Rosemary. *Molecules*, *24*(2), 323. <https://doi.org/10.3390/molecules24020323>
- López-Hortas, L., Pérez-Larrán, P., González-Muñoz, M. J., Falqué, E., & Domínguez, H. (2018). Recent developments on the extraction and application of ursolic acid. A review. *Food Research International*, *103*, 130-149. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.10.028>
- Lu, C., Zhang, C., Zhao, F., Li, D., & Lu, W. (2018). Biosynthesis of ursolic acid and oleanolic acid in *Saccharomyces cerevisiae*. *AIChE Journal*, *64*(11), 3794-3802. <https://doi.org/10.1002/aic.16370>
- Ludeña-Huaman, M. A and Tupa-Quispe, A. L. (2017) “Aislamiento y cuantificación del ácido ursólico de *Clinopodium revolutum* (Flor de Arena)”, [Tesis de grado, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco]. <http://repositorio.unsaac.edu.pe/handle/UNSAAC/2703>
- Ludeña-Huaman, M. A. (2018). Método preparativo para la obtención de ácido ursólico a partir de *Clinopodium revolutum*. *Revista Colombiana de Química*, *47*(1), 10-15. <https://doi.org/10.15446/rev.colomb.quim.v47n1.65375>
- Ludeña-Huaman, M. A., & Ramos-Inquiltupa, D. A. (2019). Determination of the content of ursolic and oleanolic acid in the cuticular wax of fruits of different species of Rosaceae. *Revista Colombiana de Química*, *48*(2), 15-20. <https://doi.org/10.15446/rev.colomb.quim.v48n2.77046>
- Martelanc, M., Naumoska, K., & Vovk, I. (2016). Determination of common triterpenoids and phytosterols in vegetable waxes by HPTLC-densitometry and HPTLC-image analysis. *Journal of Liquid Chromatography & Related Technologies*, *39*(5-6), 312-321. <https://doi.org/10.1080/10826076.2016.1165576>
- Mizioroko, H. M. (2011). Enzymes of the mevalonate pathway of isoprenoid biosynthesis. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, *505*(2), 131-143. <https://doi.org/10.1016/j.abb.2010.09.028>
- Mostacero, J., Mejía, F., Gastañadui, D., & De La Cruz, J. (2017). Taxonomic, phytogeographic, and ethnobotanical inventory of native fruit trees of northern Peru. *Scientia Agropecuaria*, *8*(3), 215-224. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2017.03.04>

- Mučaji, P., & Nagy, M. (2011). Contribution to the TLC separation of ursolic and oleanolic acid mixture. *Acta Facultatis Pharmaceuticae Universitatis Comenianae*, 58(1), 56-61. <https://doi.org/10.2478/v10219-011-0006-0>
- Neto, C. C., Vaisberg, A. J., Zhou, B.-N., Kingston, D. G. I., & Hammond, G. B. (2000). Cytotoxic Triterpene Acids from the Peruvian Medicinal Plant *Polylepis racemosa*. *Planta Medica*, 66(5), 483-484. <https://doi.org/10.1055/s-2000-8583>
- Numonov, S., Sharopov, F., Qureshi, M. N., Gaforzoda, L., Gulmurodov, I., Khalilov, Q., Setzer, W. N., Habasi, M., & Aisa, H. A. (2020). The Ursolic Acid-Rich Extract of *Dracocephalum heterophyllum* Benth. With Potent Antidiabetic and Cytotoxic Activities. *Applied Sciences*, 10(18), 6505. <https://doi.org/10.3390/app10186505>
- Oancea, I. A., van Staden, J. (Koos) F., Oancea, E., & Ungureanu, E. M. (2019). Electrochemical detection of ursolic acid from spruce (*Picea abies*) essential oils using modified amperometric microsensors. *Analytical Letters*, 52(14), 2214-2226. <https://doi.org/10.1080/00032719.2019.1605373>
- Odonne, G., Herbet, G., Eparvier, V., Bourdy, G., Rojas, R., Sauvain, M., & Stien, D. (2011). Antileishmanial sesquiterpene lactones from *Pseudelephantopus spicatus*, a traditional remedy from the Chayahuita Amerindians (Peru). Part III. *Journal of Ethnopharmacology*, 137(1), 875-879. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2011.07.008>
- Palu, D., Bighelli, A., Casanova, J., & Paoli, M. (2019). Identification and Quantitation of Ursolic and Oleanolic Acids in *Ilex aquifolium* L. Leaf Extracts Using <sup>13</sup>C and <sup>1</sup>H-NMR Spectroscopy. *Molecules*, 24(23), 4413. <https://doi.org/10.3390/molecules24234413>
- Phillips, D. R., Rasbery, J. M., Bartel, B., & Matsuda, S. P. (2006). Biosynthetic diversity in plant triterpene cyclization. *Current Opinion in Plant Biology*, 9(3), 305-314. <https://doi.org/10.1016/j.pbi.2006.03.004>
- Pironi, A. M., de Araújo, P. R., Fernandes, M. A., Salgado, H. R. N., & Chorilli, M. (2018). Characteristics, Biological Properties and Analytical Methods of Ursolic Acid: A Review. *Critical Reviews in Analytical Chemistry*, 48(1), 86-93. <https://doi.org/10.1080/10408347.2017.1390425>
- Qian, Z., Wang, X., Song, Z., Zhang, H., Zhou, S., Zhao, J., & Wang, H. (2015). A Phase I Trial to Evaluate the Multiple-Dose Safety and Antitumor Activity of Ursolic Acid Liposomes in Subjects with Advanced Solid Tumors. *BioMed Research International*, 2015, 1-7. <https://doi.org/10.1155/2015/809714>
- Razboršek, M. I., Vončina, D. B., Doleček, V., & Vončina, E. (2008). Determination of Oleanolic, Betulinic and Ursolic Acid in Lamiaceae and Mass Spectral Fragmentation of Their Trimethylsilylated Derivatives. *Chromatographia*, 67(5-6), 433-440. <https://doi.org/10.1365/s10337-008-0533-6>
- Rodríguez, M. (2013). Lamiaceae endémicas del Perú. *Revista Peruana de Biología*, 13(2), 371-379. <https://doi.org/10.15381/rpb.v13i2.1868>
- Seki, H., Tamura, K., & Muranaka, T. (2015). P450s and UGTs: Key Players in the Structural Diversity of Triterpenoid Saponins. *Plant and Cell Physiology*, 56(8), 1463-1471. <https://doi.org/10.1093/pcp/pcv062>
- Serrano Flores, C. A., Curie, B. C., Quispe Tupa, A. L., Huamán Quispe, R. I., & Ludeña Huaman, M. A. (2016). Cuantificación de ácido oleanólico, ácido ursólico y ácido rosmarínico en tres especies peruanas de *Clinopodium* (Lamiaceae, Nepetoideae, Mentheae). *Arnaldoa*, 23(1), 333-350.
- Serrano Flores, Carlos Alberto, Villena Chávez, Gretty Katherina, & Rodríguez Rodríguez, Eric F. (2020). Some phytochemical components and antioxidant activity in representatives of the Mentheae tribe (Lamiaceae) of Peru. *Arnaldoa*, 27(1), 169-180. <https://dx.doi.org/10.22497/arnaldoa.271.27109>
- Shao, J., Fang, Y., Zhao, R., Chen, F., Yang, M., Jiang, J., Chen, Z., Yuan, X., & Jia, L. (2020). Evolution from small molecule to nano-drug delivery systems: An emerging approach for cancer therapy of ursolic acid. *Asian Journal of Pharmaceutical Sciences*, 15(6), 685-700. <https://doi.org/10.1016/j.ajps.2020.03.001>
- Silva, M. G., Vieira, I., Mendes, F., Albuquerque, I., Dos Santos, R., Silva, F., & Morais, S. (2008). Variation of Ursolic Acid Content in Eight *Ocimum* Species from Northeastern Brazil. *Molecules*, 13(10), 2482-2487. <https://doi.org/10.3390/molecules13102482>
- Soares, D. B. S., Duarte, L. P., Cavalcanti, A. D., Silva, F. C., Braga, A. D., Lopes, M. T. P., Takahashi, J. A., & Vieira-Filho, S. A. (2017). *Psychotria viridis*: Chemical constituents from leaves and biological properties. *Anais Da Academia Brasileira de Ciências*, 89(2), 927-938. <https://doi.org/10.1590/0001-3765201720160411>
- Srisawat, P., Fukushima, E. O., Yasumoto, S., Robertlee, J., Suzuki, H., Seki, H., & Muranaka, T. (2019). Identification of oxidosqualene cyclases from the medicinal legume tree *Bauhinia forficata*: A step toward discovering preponderant  $\alpha$ -amyrin-producing activity. *New Phytologist*, 224(1), 352-366. <https://doi.org/10.1111/nph.16013>

- Suzuki, H., Fukushima, E. O., Shimizu, Y., Seki, H., Fujisawa, Y., Ishimoto, M., Osakabe, K., Osakabe, Y., & Muranaka, T. (2019). *Lotus japonicus* Triterpenoid Profile and Characterization of the CYP716A51 and LjCYP93E1 Genes Involved in Their Biosynthesis In Planta. *Plant and Cell Physiology*, 60(11), 2496-2509. <https://doi.org/10.1093/pcp/pcz145>
- Szakiel, A., Pączkowski, C., Pensec, F., & Bertsch, C. (2012). Fruit cuticular waxes as a source of biologically active triterpenoids. *Phytochemistry Reviews*, 11(2-3), 263-284. <https://doi.org/10.1007/s11101-012-9241-9>
- Thimmappa, R., Geisler, K., Louveau, T., O'Maille, P., & Osbourn, A. (2014). Triterpene Biosynthesis in Plants. *Annual Review of Plant Biology*, 65(1), 225-257. <https://doi.org/10.1146/annurev-arplant-050312-120229>
- Tyszczyk-Rotko, K., Domańska, K., Sadok, I., Wójciak-Kosior, M., & Sowa, I. (2015). Voltammetric procedure for the determination of oleanolic and ursolic acids in plant extracts. *Analytical Methods*, 7(22), 9435-9441. <https://doi.org/10.1039/C5AY01976A>
- Uddin, G., Siddiqui, B. S., Alam, M., Sadat, A., Ahmad, A., & Uddin, A. (2011). Chemical Constituents and Phytotoxicity of Solvent Extracted Fractions of Stem Bark of *Grewia optiva* Drummond ex Burret, 8(1), 85-91.
- Vetal, M. D., Shirpurkar, N. D., & Rathod, V. K. (2014). Three phase partitioning coupled with ultrasound for the extraction of ursolic acid and oleanolic acid from *Ocimum sanctum*. *Food and Bioproducts Processing*, 92(4), 402-408. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2013.09.002>
- Vo, N. N. Q., Nomura, Y., Muranaka, T., & Fukushima, E. O. (2019). Structure–Activity Relationships of Pentacyclic Triterpenoids as Inhibitors of Cyclooxygenase and Lipoxygenase Enzymes. *Journal of Natural Products*, 82(12), 3311-3320. <https://doi.org/10.1021/acs.jnatprod.9b00538>
- Wei, Z. Y., Chi, K. Q., Wang, K. S., Wu, J., Liu, L. P., & Piao, H. R. (2018). Design, synthesis, evaluation, and molecular docking of ursolic acid derivatives containing a nitrogen heterocycle as anti-inflammatory agents. *Bioorganic & Medicinal Chemistry Letters*, 28(10), 1797-1803. <https://doi.org/10.1016/j.bmcl.2018.04.021>
- Winiewski, V., Serain, A., Sá, E., Salvador, M., & Stefanello, M. É. (2020). Chemical constituents of *Sinningia mauroana* and screening of its extracts for antimicrobial, antioxidant and cytotoxic activities. *Química Nova*. <https://doi.org/10.21577/0100-4042.20170478>
- Xu, R., Fazio, G. C., & Matsuda, S. P. T. (2004). On the origins of triterpenoid skeletal diversity. *Phytochemistry*, 65(3), 261-291. <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2003.11.014>
- Yang, P., Li, Y., Liu, X., & Jiang, S. (2007). Determination of free isomeric oleanolic acid and ursolic acid in *Pterocephalus hookeri* by capillary zone electrophoresis. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 43(4), 1331-1334. <https://doi.org/10.1016/j.jpba.2006.10.042>
- Yao, L., Lu, J., Wang, J., & Gao, W. Y. (2020). Advances in biosynthesis of triterpenoid saponins in medicinal plants. *Chinese Journal of Natural Medicines*, 18(6), 417-424. [https://doi.org/10.1016/S1875-5364\(20\)30049-2](https://doi.org/10.1016/S1875-5364(20)30049-2)
- Zhou, M., Zhang, R. H., Wang, M., Xu, G. B., & Liao, S. G. (2017). Prodrugs of triterpenoids and their derivatives. *European Journal of Medicinal Chemistry*, 131, 222-236. <https://doi.org/10.1016/j.ejmech.2017.03.005>
- Zhou, Z., Tong, H. H. Y., Li, L., Shek, F. L. Y., Lv, Y., & Zheng, Y. (2015). Synthesis, characterization and thermal analysis of ursolic acid solid forms: Synthesis, characterization and thermal analysis of ursolic acid solid forms. *Crystal Research and Technology*, 50(7), 538-548. <https://doi.org/10.1002/crat.201500034>

## Authors' contribution

Author	Contribution
Michael Azael Ludeña Huaman	Investigation, Conceptualization, Writing-original draft, Bibliographic search, Information search, Validation, Visualization.
Reneé Isabel Huamán Quispe	Writing-original draft, Bibliographic search, Information search, Visualization.
Ana Luz tupa Quispe	Writing-original draft, Bibliographic search, Information search, Visualization.
Carlos Alberto Serrano Flores	Conceptualization, Writing-review, Validation, Visualization.



## APLICACIÓN DE 2 ETIL-CIANOACRILATO PARA SUTURA DE HERIDAS FACIALES

Irvin Gregorio Malavé Castellano<sup>1,2,3\*</sup>, Isol Dessire Bello Mendoza<sup>2</sup>, Manuel Leonardo Quevedo<sup>2</sup>, Ladislao Nicolas Higuera Arends<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad de Carabobo, Facultad de ciencias y Tecnología, Doctorado en Química Tecnológica, Departamento de Química, Ciudad Universitaria, Naguanagua, Estado Carabobo.

<sup>2</sup>Hospital. Dr. Adolfo Prince Lara Av. La paz frente al diario la costa Puerto Cabello, Edo. Carabobo, Venezuela.

\*Autor para la correspondencia: [irvinmalave2@gmail.com](mailto:irvinmalave2@gmail.com)

Recibido: 02-03-2021 / Aceptado: 30-04-2021 / Publicación: 30-04-2021

Editor Académico: Jorge Cañarte Alcívar

### RESUMEN

La sutura de heridas faciales siempre ha sido un tema controversial, en especial sobre la estética que deja este tipo de procedimiento, ya que el éxito o el fracaso de este depende de varios factores, dentro de ellos podemos referirnos a: el operador, la técnica o el material que se usa para hacer la síntesis de la herida. Lo anterior anuncia la necesidad de un estudio multidisciplinario, en el que los investigadores evalúen alternativas para suturar las heridas. La investigación que se reporta en este artículo es un diseño de serie de casos, desarrollado con seis pacientes pediátricos con heridas faciales a quienes se les aplicó 2 etil-cianoacrilato una fórmula química de  $C_6H_7NO_2$ , que fueron apoyados con antibioticoterapia y analgésico dependiendo el caso; se realizaron una serie de evaluaciones periódicas a los casos (1 día, 3 días, 7 días, 14 días y 30 días). El estudio concluyó que la mayoría de los pacientes tuvo una evolución satisfactoria, todos los casos presentaron dolor según la escala EVA en 2 y 3. Por ende, este estudio aporta que el 2 etil-cianoacrilato es una alternativa para las suturas de heridas pediátricas sin ningún efecto adverso.

**Palabras clave:** 2-etil-cianoacrilato, heridas faciales, pacientes pediátricos, cirugía estética, Cirugía Bucal y Maxilo Facial.

### APPLICATION OF 2 ETHYL-CYANOACRYLATE FOR SUTURE OF FACIAL WOUNDS.

#### ABSTRACT

The suture of facial wounds has always been a controversial topic, especially regarding the aesthetics that this type of procedure leaves behind. Since, the success or failure of this depends on several factors, within them we can refer to the operator, the technique, or the material that is used to make the synthesis of the wound. The foregoing, heralds the need for a multidisciplinary study, in which researchers evaluate alternatives to suture wounds. The research reported in this article is a case series design, developed with six pediatric patients with facial wounds to whom 2 ethyl-cyanoacrylate was applied, chemical formula of  $C_6H_7NO_2$ , which were supported with antibiotic therapy and analgesic as appropriate; A series of periodic evaluations were carried out on the cases (1 day, 3 days, 7 days, 14 days and 30 days). The study concluded that most patients had a satisfactory evolution, all cases presented pain according to the VAS scale in 2 and 3. Therefore, this study contributes that 2 ethyl-cyanoacrylate is an alternative for wound sutures pediatric without any adverse effect.

**Keywords:** 2-ethyl-cyanoacrylate, facial wounds, pediatric patients, plastic surgery, oral surgery y Maxillo facial.



# APLICAÇÃO DE 2 ETIL-CIANOACRILATO PARA SUTURA DE FERIDAS FACIAIS

## RESUMO

A sutura de feridas faciais sempre foi um assunto polêmico, principalmente quanto à estética deixada por este tipo de procedimento, pois o sucesso ou o insucesso desta depende de vários fatores, entre eles podemos referir: o operador, a técnica ou o material que serve para fazer a síntese da ferida. Isso anuncia a necessidade de um estudo multidisciplinar, no qual os pesquisadores avaliem alternativas para suturar feridas. A pesquisa relatada neste artigo é um desenho de série de casos, desenvolvido com seis pacientes pediátricos com feridas faciais aos quais foi aplicado 2 etil-cianoacrilato uma fórmula química de  $C_6H_7NO_2$ , os quais foram suportados com antibioticoterapia e analgésicos conforme o caso; Uma série de avaliações periódicas foram realizadas nos casos (1 dia, 3 dias, 7 dias, 14 dias e 30 dias). O estudo concluiu que a maioria dos pacientes teve uma evolução satisfatória, todos os casos apresentaram dor de acordo com a escala VAS em 2 e 3. Portanto, este estudo contribui que 2 etil-cianoacrilato é uma alternativa para sutura de feridas pediátricas sem nenhum efeito adverso.

**Palavras-chave:** 2-etil-cianoacrilato, feridas faciais, pacientes pediátricos, cirurgia estética, cirurgia oral e cirurgia maxilofacial.

---

Citación sugerida: Malavé, I., Bello, I., Leonardo-Quevedo, M., Higuera, L. (2021). Aplicación de 2 etil-cianoacrilato para sutura de heridas faciales. Revista Bases de la Ciencia, 6(1), 33-48. DOI: [https://doi.org/10.33936/rev\\_bas\\_de\\_la\\_ciencia.v%vi%i.3158](https://doi.org/10.33936/rev_bas_de_la_ciencia.v%vi%i.3158) Recuperado de: <https://revistas.utm.edu.ec/index.php/Basedelaciencia/article/view/3158>

---

## 1. INTRODUCCIÓN

El cierre eficaz de una herida es fundamental para minimizar las complicaciones de esta, y prevenir la dehiscencia anormal. La incisión es un paso básico para los procedimientos quirúrgicos. El cierre adecuado y el mantenimiento óptimo del área quirúrgica son los factores más importantes que afectan la cicatrización normal de la herida y el éxito quirúrgico. El método convencional de cierre de heridas causa trauma durante la penetración de la aguja, mientras atraviesa los tejidos y proporciona una "mecha hacia abajo"; a través de la cual, las bacterias pueden acceder a los tejidos subyacentes. Se ha demostrado que, la presencia del material de sutura en sí aumenta la susceptibilidad a infección. También, puede dar lugar a complicaciones como absceso por sutura y quistes. Además, la aproximación de la herida mediante sutura lleva mucho tiempo, y conduce a una mayor cantidad de formación de cicatrices. (Barreno. AC y Col., 2013).

Las diversas técnicas de cierre de heridas incluyen: grapas, nailon tradicional y suturas cutáneas, suturas subcuticulares y adhesivos cutáneos. (Taira. BR y Col., 2010). Actualmente, se utilizan con frecuencia adhesivos cutáneos tópicos, la mayoría de los adhesivos utilizados son derivados de cianoacrilatos de cadena corta y larga (cianoacrilato de butilo e isobutilo). (Habib. A y Col., 2013).

El cianoacrilato ha tenido múltiples usos en el ámbito médico y odontológico, tanto en cirugía plástica, como en neurocirugía, cirugía cardiovascular y general. Pero, en diversos sitios ha sido controversial su uso, debido al desconocimiento de los beneficios de la aplicación y no manejo de la técnica quirúrgica. Además de las múltiples composiciones químicas del cianoacrilato y su supuesta toxicidad de alguna de ellas, dependiendo del sitio (mucosa o piel) donde será aplicado. Por lo que, la FDA (Dirección de Alimentos y Drogas de los Estados Unidos) lo aprueba en el año 2001 como método de barrera contra microorganismos como stafilococos, pseudomonas y Echerichia. coli. (Rodríguez. D y Col., 2011).

Los cianoacrilatos son adhesivos tisulares utilizados para unir tejidos. Químicamente, pertenecen a la familia de los alquilcianoacrilatos y se diferencian en la composición de la cadena lateral. En concreto, Histoacryl está compuesto por n-butil-cianocrilato, y está indicado para el cierre de heridas, la escleroterapia y la fijación de mallas. En estado líquido, es un compuesto monomérico, que al aplicarlo en los tejidos se polimeriza, formando un enrejado tridimensional que mantiene unidos los bordes de los tejidos. Las ventajas de los cianoacrilatos frente a las suturas es su fácil aplicación, mínima cicatriz, además de tener carácter bacteriostático, impermeable, biodegradable y hemostático. (González González J. M y Col., 2012).

Los cianoacrilatos se han usado ampliamente como alternativa para el cierre de heridas no extensas, y sin tensión en adultos y pacientes pediátricos, sobre todo en cierre de heridas en urgencias y en zonas delicadas como la cara, ya que no requiere el uso de anestésicos locales para la aproximación con puntos de sutura, es más rápido, menos doloroso, produce menos eritema, menor tasa de infecciones y se obtienen mejores resultados estéticos. Todo ello hace que su uso sea costo- efectivo. (González González J. M y Col., 2012).

Además, el mecanismo de acción del cianoacrilato es realizado mediante la polimerización del mismo en la superficie en la cual se aplica. El cianoacrilato polimeriza rápidamente en una reacción exotérmica, en presencia de una sustancia básica como el agua o exudado, formando un fuerte enlace entre dichas moléculas. Por lo tanto, lo hace velozmente en presencia de un ambiente húmedo, al tener contacto con la piel, dando lugar a una banda compacta ofreciendo gran fuerza de adhesión entre los bordes de la herida. (Inal, S y Col., 2006). Muchos estudios de células cultivadas, han demostrado que el cianoacrilato es citotóxico a las células in-vitro y a la vez en contacto directo, cuya desventaja está asociada a la baja humedad en algunos estudios. (Mehmet K y Kemal B., 2005).

Algunos investigadores señalan que, el cianoacrilato puede formar una barrera que previene la invasión cuando es usado en tejido, debido a que, éste polimeriza en segundos en contacto con medio acuoso, ha sido usado ampliamente en el mundo para el sangrado de várices gástricas. (Cassella, R y Col., 2017).

Los cianoacrilatos están disponibles en varias formas diferentes según la longitud y complejidad de sus cadenas; Estos incluyen cianoacrilatos de metilo, etilo, n-butilo, isoamilo, isohexilo y octilo. (Borie E y Col., 2019). Recientemente, el cianoacrilato ha traído un cambio en la fórmula química, añadiendo un nuevo sustituto a la cadena lateral: 2-etil-cianoacrilato, su flexibilidad permite su aplicación en incisiones no lineales y contribuye a la disminución de la tensión ejercida en la piel por el movimiento. (Silvestri, A y Col., 2016).

De acuerdo con las propiedades físico-químicas reseñadas y el mecanismo de acción antes descrito, el 2 etil-cianoacrilato permite la adhesión de los bordes de las heridas entre sí creando una barrera protectora sobre la herida. Este compuesto ofrece una capa impermeable, aislando la herida del medio exterior, para evitar el paso de microorganismos del medio exterior al medio interior evitando el desarrollo del proceso infeccioso de la herida post-operatoria. (Silvestri, A y Col., 2016).

Recientes estudios in vitro han demostrado que 2-etil-cianoacrilato es efectivo como una barrera antimicrobiana por las primeras 72 horas después de la aplicación. La película formada por 2-octil-cianoacrilato es efectiva contra grampositivas y gramnegativas. (Silvestri, A y Col., 2016). Se ha

demostrado también que la acción antimicrobiana eficaz del 2-cianoacrilato de etilo contra las cepas de *Staphylococcus*, *Streptococcus*, *Escherichia coli* y *Escherichia faecalis*. (Pereira, E y Col. 2018).

Evidentemente, de acuerdo con el tipo de herida, localización y grupo etario se decidirá el tipo de tratamiento y su material a utilizar. Es por ello por lo que, uno de los productos químicos utilizados para tal fin, es el cianoacrilato, que es generalmente una resina acrílica, que polimeriza rápidamente en presencia de agua, formando cadenas largas y fuertes. Son líquidos incoloros y de baja viscosidad que originalmente fueron creados como pegamento de diferentes materiales y superficies. (Universidad Católica de Valencia 2013 y Concise Medical Dictionary 2007).

Por otro lado, la sutura convencional de heridas en los niños es un procedimiento doloroso, que causa ansiedad en el paciente y su familiar. (González González J. M y Col 2012). El procedimiento está sujeto a dificultades, debido al temor que representa para el niño acudir a un centro de salud, que pudiesen ocasionar accidentes laborales e inclusive daño al mismo. La incapacidad para acatar órdenes en condiciones de stress es una de las causas más frecuentes observadas, que pudiesen complicar el procedimiento de síntesis de heridas.

Sin embargo, se ha descrito que, el cianoacrilato ha sido empleado en la síntesis de heridas como sustitutivo de las suturas convencionales en las diversas especialidades como oftalmología, neurocirugía, cirugía estética, odontología, traumatología, gastroenterología, entre otras. (Rodríguez. D y Col., 2011). No obstante, a pesar de las alternativas existentes en la actualidad para la síntesis de heridas faciales, no hay muchos estudios que avalen el uso de suturas adhesivas químicas como el cianoacrilato.

La literatura reporta el uso generalizado de adhesivos de cianoacrilato durante procedimientos realizados en varios campos de la medicina, incluyendo ginecología, gastroenterología, neurocirugía, ortopedia, cirugía plástica, dermatología, urología y cirugía vascular y cardíaca. (S. C. de Souza and C., H. Briglia 2011) Sin embargo, la utilidad de este material en el campo de la odontología sigue sin estar clara, pues existen varios procedimientos que permiten su aplicación.

En el Servicio de Cirugía Bucomaxilofacial del Hospital “Dr. Adolfo Prince Lara” ubicado en la ciudad de Puerto Cabello, Estado Carabobo, Venezuela, se ha observado alta afluencia de pacientes pediátricos, quienes requieren atención oportuna por presentar heridas en región facial, las cuales ameritan del cierre primario, de una forma más sencilla, rápida y cómoda para el paciente. El objetivo del siguiente trabajo fue: realizar un estudio aplicando como tratamiento en suturas el 2 Etil-

cianoacrilato en pacientes que acuden a la Emergencia Pediátrica del Hospital “Dr. Adolfo Prince Lara”.

## 2. METODOLOGIA

Diseño tipo de serie de casos, se aplicó a seis (6) pacientes pediátricos con heridas faciales el 2-etil-cianoacrilato, cuya fórmula química es de  $C_6H_7NO_2$ , con un peso molecular de 122,13; punto de ebullición de 54-56°C, soluble en metil-etil-cetona, acetona, tolueno y nitrometano; su densidad es de 1,05 mg/dl y viscosidad de 13,9 cps, no se reporta efectos secundarios o adversos, en seis (06) pacientes pediátricos de la emergencia pediátrica del Hospital “Dr. Adolfo Prince Lara”, del sector la avenida la paz -2, de la ciudad de Puerto Cabello Estado Carabobo, Venezuela.

Los pacientes referidos cumplieron con los criterios: (pacientes de 6 meses hasta 14 años, autorización legal por escrito del padre o representante y confección de consentimiento informado además del llenado de este. Estos pacientes acudieron a la emergencia pediátrica del Hospital “Dr. Adolfo Prince Lara” con heridas faciales lineales, de bordes regulares, de hasta 50 mm de longitud, heridas faciales con menos de 6 horas de evolución., pacientes no Alérgicos a medicamentos).

El procedimiento consistió en colocar: Asepsia y antisepsia, con Solución de Iodopovidona, gasas y guantes estériles, con movimientos circulares de forma centrifuga, además colocación de campos estériles en campo operatorio, en casos de pacientes alérgicos al Iodo, se aplica Peróxido de Hidrogeno. Posteriormente, lavado profuso con Solución de Cloruro de Sodio al 0,9%, hasta retirar la totalidad de la solución Iodada.

Luego, se realizó fotografía inicial: frontal y cercana de la herida, en caso de ser necesario, infiltración de Lidocaína al 2%, con jeringa de 30Gx1/2”, técnica infiltrativa regional, rafia por planos musculares, con Sutura Vicryl 4-0 ó 5-0, aguja de 3/8. Cuando el caso lo requiera, secar la herida con gasas estériles, aproximar los bordes la herida, ya sea con la ayuda de instrumental como pinzas de disección sin diente o de forma bidigital, después aplicación de 2-etilcianoacrilato (Loctite®), directamente entre los bordes y sobre la herida facial del paciente seleccionado, aposición de los bordes de la herida, esperar lapso de 1 minuto, manteniendo los bordes afrontados.

Después se tomó una fotografía final: frontal y cercana de la herida, cubrir con adhesivo hipoalérgico. entregar récipes con indicación de medicación antibiótica, analgésica y antiinflamatoria, así como dosis de toxoide tetánico en los casos requeridos, Infórmale al padre o representante los cuidados e indicaciones postoperatorias, también realizar los controles postoperatorios los días: 1, 3, 7, 14, 30, se llevó registros de lo mismo en la ficha de recolección de

datos, permitiendo conocer la evolución de la herida bajo los parámetros de valoración: inflamación, dolor, presencia de exudado, reacción alérgica, infección y dehiscencia

Finalmente, la recolección de datos, éstos fueron organizados en bases de datos para su posterior interpretación y discusión.

### 3. RESULTADOS: SERIE DE CASOS

**CASO 1.** Se trata de Paciente Pre-Escolar, Femenino de 2 años de edad procedente de la localidad de Puerto Cabello (**Figuras 1A-1F**), quien posterior a una caída desde sus propios pies presenta Traumatismo facial; evidenciándose herida lacerante, en región del surco labial inferior derecho, de bordes regulares de aproximadamente 2 cm de largo x 0,5 cm de ancho. Se le asocia al cuadro clínico, aumento de volumen en zona peri-traumática, descarga hemática de moderada cantidad. Posterior a la realización de la asepsia y antisepsia de la herida, se evidencia profundidad que se extiende hasta tejido celular subcutáneo. Se procede a la aplicación de 2 Etil-Cianoacrilato para síntesis de herida obteniendo los resultados que se muestran a continuación.

*Figura 1A. Imagen inicial.*



*Figura 1B. Post-operatorio inmediato.*



*Figura 1C. Post-operatorio (1 día).*



*Figura 1D. Aplicación de 2-etil cianoacrilato, luego de los 7 días.*



*Figura 1E. Aplicación de 2-etil cianoacrilato luego de los 14 días.*



*Figura 1F. Aplicación de 2-etil cianoacrilato luego de los 30 días.*



En las anteriores fotos, se evidencia la evolución de una paciente femenina de 2 años de edad, la cual tuvo una curación satisfactoria desde el inicio post-operatorio inmediato. Esta paciente presentó el primer día dolor según la escala visual análoga (EVA), de rango 2/5, a los tres días presentó inflamación y eritema, No hubo exudado, ni reacción alérgica.

**CASO 2.** Se trata de paciente Pre-Escolar, masculino de 4 años de edad, natural de Maracay Estado Aragua y procedente de la localidad de Puerto Cabello. (Figuras 2A-2F). Este acude por presentar traumatismo facial, evidenciándose herida Lacerante en región frontal izquierda, de bordes irregulares, herida que mide aproximadamente 1,5 cm de largo x 1 cm de ancho, lesión que penetra en su totalidad las capas de la piel observándose aparente tabla ósea de hueso frontal con profundidad de 0,9 cm aproximadamente, indemne. Concomitante dolor de moderada intensidad a la palpación de zona peri traumática, descarga hemática de escasa cantidad al momento del examen físico. Se procede a realizar asepsia y antisepsia de la herida, y posteriormente, la colocación de 2 Etil-Cianoacrilato para síntesis de la herida.

Figura 2A. Imagen inicial



Figura 2B. Operatorio inmediato



Figura 2C. Post-operatorio (3 día)



Figura 2D. Aplicación de 2-etil cianoacrilato luego de los 7 días



Figura 2E. Aplicación de 2-etil cianoacrilato luego de los 14 días



Figura 2F. Aplicación de 2-etil cianoacrilato luego de los 30 días



El caso 2, es un paciente de sexo masculino, con 4 años de edad, se evidencia una evolución satisfactoria, se observó desde el primer día dolor según la escala (EVA) de rango 2/5. El primer día y a los tres días, el paciente presentó inflamación, exudado de tipo seroso, eritema y dehiscencia, motivado a que el paciente se retiró por sí mismo el adhesivo 2 Etil-Cianoacrilato antes del tiempo indicado. Por otro lado, es de mencionar que no presentó reacción alérgica alguna.

**CASO 3.** Se trata de un paciente pre-escolar, masculino de 2 años de edad, procedente de la localidad de Puerto Cabello. (**Figura 3A-3E**). El paciente quien posterior a impacto por desaceleración, con objeto contuso; presenta Traumatismo facial evidenciándose Herida Lacerante en Región Superciliar derecha; de bordes regulares, sin defectos anatómicos aparentes, de aproximadamente 4cm de largo x 1cm de ancho. Paciente quien presenta al momento de la evaluación abundante descarga hemática pulsátil, se procede a realizar compresión homeostática para detención del sangrado. Posteriormente, se realiza asepsia y antisepsia de la herida con solución yodada alternada con solución 0,9%, la cual

revela profundidad de 0,5cm, concomitante aumento de volumen en zona peri traumática y visualización de capa Hipodérmica. Se procede a la aplicación de 2 Etil-Cianoacrilato para el cierre de la herida.

*Figura 3A. Imagen inicial*



*Figura 3B. Post-operatorio (1 día)*



*Figura 3C. Aplicación de 2-etil cianoacrilato, luego de los 7 días*



*Figura 3D. Aplicación de 2-etil cianoacrilato luego de los 14 días*



*Figura 3E. Aplicación de 2-etil cianoacrilato luego de los 30 días*



El caso 3, de sexo masculino, con 2 años se evidenció en relación con su evolución, el primer día tuvo dolor según la escala EVA se ubicó 3/5. El primer día y a los tres días presentó inflamación, exudado y eritema; se debe a que, el mismo presentó caída de su propia altura impactando en la misma herida. Además, cabe destacar que presentó exudado purulento el día 7 debido que no contaba con la medicación antimicrobiana indicada. Por otro lado, es importante mencionar que no presentó reacción alérgica.

**CASO 4.** Se trata de lactante mayor masculino de 6 meses de edad, natural y procedente de la localidad de Puerto Cabello (**Figuras 4A-4D**). El paciente acude a emergencia pediátrica del hospital Dr. Adolfo Prince Lara por presentar traumatismo facial, evidenciándose herida lacerante en región cigomática izquierda de bordes regulares, bien delimitado de aproximadamente 3,5 cm de largo y 1 cm de ancho. Al momento del examen físico, el paciente se encuentra irritado, con leve descarga hemática, aparenta dolor a la palpación en zona traumática. Posterior a la realización de la asepsia y antisepsia, con solución yodada, se verifica profundidad de la herida la cual reporta 0,7 cm aproximadamente, se evidencia solución de continuidad apreciándose el tejido celular subcutáneo sin

pérdida del resto de la anatomía. Se produce aplicación de 2- Etil-cianoacrilato para síntesis oportuna de herida.

Figura 4A. Imagen inicial. Post-operatorio (14 días)



Figura 4B. Aplicación de 2-etil cianoacrilato luego de los 7 días



Figura 4C. Aplicación de 2-etil cianoacrilato luego de los 14 días



Figura 4D. Aplicación de 2-etil cianoacrilato luego de los 30 días



Las anteriores fotos son de un paciente masculino de 6 meses, el cual presentó herida lacerante, en región cigomática izquierda; tuvo una evolución satisfactoria, que se observa desde el inicio post-operatorio inmediato. El paciente presentó el primer día dolor según la escala (EVA) 3, el primer día y a los tres días presentó inflamación, presentó eritema el primer día, no presentando exudado, ni reacción alérgica alguna, eritema ni dehiscencia. El representante no acudió para valoración los días 7 y 14, se realizó por vía telefónica.

**CASO 5.** Se trata de paciente pre-escolar masculino de 4 años de edad, natural y procedente de la localidad de Puerto Cabello (**Figura 5A-5B**). El paciente quien posterior a manipulación de objeto punzo cortante, presenta traumatismo facial apreciándose herida lacerante en región frontal de trayecto oblicuo, bordes regulares de aproximadamente 3cm de largo x 0,4cm de ancho. Se evidencia descarga hemática en toda su extensión, la cual se resolvió, posterior a la asepsia y antisepsia con solución gerdex; cinco minutos, luego de la limpieza con apósitos estériles, el paciente comienza a presentar aumento de volumen y signos de flogosis en zona peri traumática, lo cual autorregula minutos posteriores. Se produce a la colocación de 2- Etil-cianoacrilato para síntesis oportuna de herida.

*Figura 5A. Imagen inicial*



*Figura 5B. Post-operatorio (7 días)*



El caso 5, se trata de un paciente masculino de 4 años de edad, quién presentó herida lacerante en región frontal, curso con una evolución satisfactoria, que se observa desde el inicio post-operatorio inmediato (Figura 5A-B). El paciente presentó el primer día dolor según la escala EVA 3, el primer día y a los tres días presentó inflamación, presentó eritema el primer día, no presentando exudado, ni reacción alérgica alguna, ni dehiscencia. El representante no acudió para valoración los días 7 y día 30, se realizó vía telefónica la misma.

**CASO 6.** Se trata de paciente masculino de 9 años de edad natural y procedente de Puerto Cabello (**Figuras 6A-6E**). Con antecedentes patológicos de epilepsia; quien posterior a estatus convulsivo familiar (madre), refiere caída desde sus propios pies; al momento del examen físico paciente presenta herida lacerante en región submentoniana de aproximadamente 3cm de largo x 3 cm de ancho, de bordes regulares bien definidos, se evidencia abundante descarga hemática pulsátil por lo cual se procede a realizar compresión homeostática logrando la completa detención del sangrado, posteriormente se realiza asepsia y antisepsia de la zona con solución gerdex. En última instancia se procede a la aplicación de 2- Etil-cianoacrilato para síntesis final de la herida.

*Figura 6A. Imagen inicial*



*Figura 6B. Post-operatorio inmediato*



*Figura 6C. Aplicación de 2-etil cianoacrilato luego de los 7 días*



*Figura 6D. Aplicación de 2-etil cianoacrilato luego de los 14 días*



*Figura 6E. Aplicación de 2 etil cianoacrilato luego de los 30 días*



Se evidencia en relación con el paciente 6, de género masculino de 9 años, Herida lacerante en Región Mentoniana. Observándose desde el inicio y post-operatorio inmediato, una evolución satisfactoria. Presentó el primer día dolor según la escala EVA 3, y a los tres días mostro inflamación y eritema, el tercer día exudado tipo seroso. No presentando exudado purulento, ni reacción alérgica alguna, dehiscencia.

#### 4. DISCUSIÓN

En este estudio se demuestra la aplicación del 2 Etil-Cianoacrilato como alternativa para sutura de heridas faciales en pacientes que acuden a la emergencia pediátrica del Hospital “Dr. Adolfo Prince Lara”. Se observó que 83% de la muestra estudiada corresponden al género masculino, y 17% al femenino, entre edades comprendidas de menor edad de 6 meses y mayor edad un paciente de 9 años. Los pacientes que cumplieron el criterio de inclusión, según el tipo de herida, la mayor preponderancia se ubicó en la región frontal, el cual correspondió a dos pacientes masculinos de 2 y 4 años representada por 33% de los casos.

Estos resultados fueron comparados con los de Campolo y cols., en el año 2017, el cual se mencionan que los adhesivos de cianoacrilato en cirugía oral y maxilofacial, como una buena alternativa para el cierre de heridas de la mucosa oral, para el caso de estudio.

Por otro lado, según su evolución, en relación con la inflamación, muestran que el 100% de los pacientes pediátricos, después de la aplicación del 2 Etil-Cianoacrilato como alternativa para síntesis de heridas faciales, presentaron inflamación el 1er. día y a los 3 días. Con respecto al dolor se observó que el 100% de los pacientes pediátricos, lo presentaron el 1er. día y un solo paciente a los 3 días, es decir, cuatro (04) que presentaron dolor el primer día, se encontraban en la escala EVA en 3 y dos (02) pacientes en según la escala EVA en 2.

Se observó en los resultados, en relación al exudado, un sólo paciente de la muestra seleccionada presentó exudado purulento a los tres días. Se trata de un paciente de cuatro años, en relación al eritema, es decir el rubor, lo que es el signo clínico caracterizado por coloración rojiza de  $\geq 2,5$  cm alrededor de la herida post-quirúrgica. El 100% de los pacientes pediátricos presentó el primer día dicho signo, mientras que el 83% lo presentó a los tres días. Sólo el 33% de los pacientes pediátricos, presentaron después de los 3 días Dehiscencia, incluyendo hasta el día 30, es decir sólo dos pacientes tuvieron esta complicación quirúrgica que consiste en la separación de las capas de una herida quirúrgica.

En relación con estos resultados, también se contrastaron con la investigación de Monteagudo y cols, en el 2016, el cual utilizó adhesivos tisulares para el cierre de heridas en la práctica médica, en donde entre sus resultados, encontró que el uso de adhesivos tisulares en adultos mostró los mejores resultados con una alta probabilidad de éxito (99%), para el cierre de heridas en piel y mucosas y especialmente en la cirugía de cabeza y cuello. En pediatría la probabilidad de éxito fue de (96%) y su mejor uso se decidió en la cirugía de tórax y abdomen. Encontrándose que el uso de adhesivos tisulares en adultos y niños ofrece una alta perspectiva de éxito para el cierre de heridas en piel y mucosas.

## 5. CONCLUSIONES

Según la ubicación de la herida, la mayor preponderancia se ubicó en la región frontal representada por 33% de los casos, se aplicó a los pacientes que cumplían el criterio muestral, el 2-etil-cianoacrilato (Loctite®), directamente entre los bordes y sobre la herida facial del paciente seleccionado, afrontando los bordes de la herida durante 1 minuto, para luego realizar los controles postoperatorios los días: 1, 3, 7, 14, 30, a través de un registro de los mismo en la ficha de recolección de datos, permitiendo conocer la evolución de la herida bajo los parámetros de valoración: inflamación, dolor, presencia de exudado, reacción alérgica, infección y dehiscencia.

Finalmente, se concluyó que en la mayoría de los pacientes hubo una evolución satisfactoria, todos los casos presentaron dolor según la escala EVA en 2 y 3; el primer día todos presentaron inflamación y en algunos casos eritema y exudado, en ninguno de los seis casos se evidenció reacción alérgica alguna. En tal sentido, esta investigación aportó nuevos conocimientos en relación con el uso del 2-etil-cianoacrilato (Loctite®), directamente entre los bordes y sobre la herida facial de pacientes pediátricos, demostrando con esto que el 2 etil-cianoacrilato es una alternativa para las suturas de heridas pediátricas sin ningún efecto adverso en estos seis (6) casos. Por otra parte, es importante resaltar que el estudio demuestra la confiabilidad del uso del 2 etil- cianoacrilato para la sutura de heridas, sin efectos secundarios ni adversos.

### **Responsabilidades éticas**

Protección de personas y animales. Los autores declaran que para esta investigación no se han realizado experimentos en seres humanos ni en animales.

Confidencialidad de los datos. Los autores declaran que en este artículo no aparecen datos de pacientes.

Conflicto de Intereses: Ninguno.

## 6. REFERENCIAS

- Barreno AC, Vergiu CC, Malatto JR, Ramos EA, Chessa JR. Biocompatibilidad del cianoacrilato de butilo en suturas en piel en comparación con las suturas convencionales. *Rev Odontol Mex.* 2013;17(2):81–89. [[Google Scholar](#)]
- Eduardo Borie, Eduardo Rosas, Gisaku Kuramochi, Sophia Etcheberry, Sergio Olate, y Benjamin Weber. Oral Applications of Cyanoacrylate Adhesives: A Literature Review Article | Open Access. Volume 2019 | Article ID 8217602 | <https://doi.org/10.1155/2019/8217602>
- Cassella, R.; Fiorentino, J.; Huaier, F.; Gómez, R.; Forner, E. y Herrera, A. Pegamento para las heridas. Novedosa y segura solución para un viejo problema. Citada 2017. Disponible en [http://www.zonapediatrica.com/index2.php?option=com\\_contenido&do\\_pdf=1&id=634](http://www.zonapediatrica.com/index2.php?option=com_contenido&do_pdf=1&id=634).
- Concise Medical Dictionary. 7ma ed. New York: Oxford University Press Inc; 2007.
- González, A. Infecciones por mordeduras y heridas punzantes. Servicio de Pediatría. Hospital Clínico Universitario. Santiago de Compostela; 2012.
- González González J. M. Cianoacrilato. Definición y propiedades. Toxicidad y efectos secundarios. Aplicaciones en medicina y odontología. *Av. Odontostomatol*; 2012.
- Habib A, Mehanna A, Medra A. Cyanoacrylate: a handy tissue glue in maxillofacial surgery: our experience in alexandria, Egypt. *J Maxillofac Oral Surg.* 2013;12(3):243–247. doi: 10.1007/s12663-012-0433-z. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
- Inal, S.; Yilmaz, N.; Nisbet, C. y Güvenç, T. Biochemical and Histopathological findings of N-Butyl-2- Cyanoacrylate in oral surgery: an experimental study. OOOOE [Revista en línea]. Citada 2014. Disponible: [http://www.ooooe.net/article/S1079-2104\(06\)00366-0/pdf](http://www.ooooe.net/article/S1079-2104(06)00366-0/pdf). [Consulta, Octubre 2020].
- Mehmet Keplan y Kemal. Baysal In vitro toxicity test of ethyl 2-cyanoacrylate, a tissue adhesive used in cardiovascular surgery, by fibroblast cell culture method. 2005;8(3):E169-72. doi: 10.1532/HSF98.20041126. [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]
- Meredith Sonnett F, Green RA, Dayan PS. Mammalian Bites and Bite-Related Infections. En: Burg FD, Polin RA, Gershon AA, Ingelfinger J, eds. *Current Pediatric Therapy* 18ª ed. Philadelphia: WB Saunders Co.; 2006. p. 200-4.
- Pereira Palacio Evandro, Cação Pereira Gilberto José, Paulo Roberto de Almeida Silveiras, Guimarães Di Stasi Gabriel, Caio de Andrade Staut, Trajano Sardenberg. The effects of ethyl-2-cyanoacrylate and butyl-2-cyanoacrylate in the process of bone healing in rats. A controlled experimental study 2017 Dec 6;53(1):53-59. doi: 10.1016/j.rboe.2017.11.010. eCollection Jan-Feb 2018.
- Rodríguez, D. Proceso Infeccioso de la Herida Post-Operatoria en los pacientes a quienes se les aplica Éster de Cianocrilato y los que no se les aplican, en la Unidad Quirúrgica del “Hospital Universitario de Caracas”; 2011.
- S. C. de Souza and C. H. Briglia, “Comparative study of the use of ethyl cyanoacrylate adhesive and intracutaneous suture for cutaneous excision closure,” *Revista Brasileira de Cirurgia Plástica*, vol. 26, no. 4, pp. 566–572, 2011. View at: [Google Scholar](#)
- Silvestri, A.; Brandi, C.; Grimaldi, L.; Nisi, G.; Brafa, A.; Calabro, M. y D’Aniello, C. Octyl-2-Cyanoacrylate Adhesive for Skin Closure and Prevention of Infection in Plastic Surgery. *Anesthetic Plastic Surgery*. Citada 2006. [Revista en línea].
- Taira BR, Singer AJ, Rooney J, Steinhaff NT, Zimmerman T. An in vivo study of the wound-bursting strengths of octyl-cyanoacrylate, butyl-cyanoacrylate, and surgical tape in rats. *J Emerg Med.* 2010;38(4):546–551. doi: 10.1016/j.jemermed.2008.10.009. [[PubMed](#)] [[CrossRef](#)] [[Google Scholar](#)]

Universidad Católica de Valencia “San Vicente Márti” Facultad de Medicina Síntesis y Evaluación Biológica de un Adhesivo Tisular en Base 2 Etil-Cianoacrilato, empleado para el cierre de heridas externas tesis doctoral presentada por: Ana Mª Villarreal Gómez; 2013.

Contribución de autores

<b>Autores</b>	<b>Contribución</b>
Irvin Gregorio Malavé Castellano	Redacción del artículo, adquisición de datos, Construcción de historia médica, construcción de consentimiento informado, Concepción y diseño, análisis e interpretación, metodología, búsqueda bibliográfica, búsqueda de información, construcción de tablas.
Isol Dessire Bello Mendoza	Redacción del artículo, adquisición de datos, construcción de historia médica, construcción de consentimiento informado, metodología, Aplicación de fármacos, vigilancia clínica de fármacos, prosecución de cada caso.
Manuel Leonardo Quevedo	Aplicación de fármacos, Vigilancia clínica de fármacos, revisión del artículo, validación de historia médica, validación del consentimiento informado.
Ladislao Nicolás higuera Arends	Revisión Médica del artículo, Búsqueda bibliográfica, Búsqueda de Información.

## OPERADORES DE RIESZ EN EL $Alglat(T) \cap \{T\}'$

Edixo Rosales 

Centro Departamento de Matemáticas, Facultad Experimental de Ciencias. Maracaibo, Venezuela. Universidad Rafael Urdaneta, Departamento de Ingeniería. Maracaibo, Venezuela. E-mail: [edixorosales@gmail.com](mailto:edixorosales@gmail.com)

Autor para la correspondencia: [edixorosales@gmail.com](mailto:edixorosales@gmail.com)

Recibido: 23-07-2020 / Aceptado: 18-02-2021 / Publicación: 30-04-2021

Editor Académico: Miguel José Vivas Cortez 

### RESUMEN

En este trabajo  $X$  es un espacio de Banach y  $B(X)$  denota los operadores acotados. Si  $T \in B(X)$ , por  $lat(T)$  entenderemos los subespacios invariantes por  $T$ . Se dice que  $T$  es lleno, si  $\overline{T(M)} = M$ , para todo  $M \in lat(T)$  (la barra indica la clausura en la topología inducida por la norma). Se prueba principalmente el siguiente resultado: Sean  $X$  un espacio de Banach y  $T \in B(X)$  acotado por abajo. Sea  $K \in Alglat(T) \cap \{T\}'$  un operador de Riesz. Si  $K$  es lleno, entonces  $T$  es lleno. Aquí  $Alglat(T) = \{S \in B(X): M \in lat(T) \Rightarrow M \in lat(S)\}$  y  $\{T\}' = \{S \in B(X): S \circ T = T \circ S\}$ .

**Palabras clave:** Operador lleno, operador de Riesz, operador acotado por abajo.

### RIESZ OPERATORS IN $Alglat(T) \cap \{T\}'$

### ABSTRACT

In this work  $X$  is a Banach space and  $B(X)$  denotes the bounded operators. If  $T \in B(X)$ , for  $lat(T)$  we will understand the invariant subspaces for  $T$ . An operator  $T$  is full, if  $\overline{T(M)} = M$ , for all  $M \in lat T$  (the bar indicates the closure in the topology induced by the norm). The following result is true: Let  $X$  be a Banach space,  $T \in B(X)$  a bounded below operator and  $K \in Alglat(T) \cap \{T\}'$  a Riesz operator: If  $K$  is a full operator, then  $T$  is a full operator. Here  $Alglat(T) = \{S \in B(X): M \in lat(T) \Rightarrow M \in lat(S)\}$  and  $\{T\}' = \{S \in B(X): S \circ T = T \circ S\}$ .

**Keywords:** full operator, Riesz operator, bounded below operator.

### OPERADORES DE RIESZ EM $Alglat(T) \cap \{T\}'$

### RESUMO

As Neste trabalho,  $X$  é um espaço de Banach e  $B(X)$  indica os operadores limitados. Se  $T \in B(X)$ , por  $lat(T)$ , entenderemos os subespaços invariantes por  $T$ . Diz-se que  $T$  é cheio, se  $\overline{T(M)} = M$ , para todo  $M \in lat(T)$  (a barra indica o fechamento na topologia padrão). O seguinte resultado é comprovado principalmente: Seja  $X$  um espaço de Banach e  $T \in B(X)$

delimitado por baixo. Seja  $K \in \text{Alglat}(T) \cap \{T\}'$  um operador Riesz. Se  $K$  estiver cheio,  $T$  estará cheio. Assim:  $\text{Alglat}(T) = \{S \in B(X): M \in \text{lat}(T) \Rightarrow M \in \text{lat}(S)\}$  e  $\{T\}' = \{S \in B(X): S \circ T = T \circ S\}$ .

**Palavras chave:** operador completo, operador Riesz, operador limitado abaixo.

---

Citación sugerida: Rosales, E. (2021). Operadores de Riesz en el  $\text{Alglat}(T) \cap \{T\}'$ . Revista Bases de la Ciencia, 6(1), 33-48. DOI: [https://doi.org/10.33936/rev\\_bas\\_de\\_la\\_ciencia.v%vi%i.3158](https://doi.org/10.33936/rev_bas_de_la_ciencia.v%vi%i.3158) Recuperado de: <https://revistas.utm.edu.ec/index.php/Basedelaciencia/article/view/3158>

---

## 1. INTRODUCCIÓN

Jaime Bravo en su tesis doctoral (Bravo, 1980), caracteriza operadores llenos, a partir de la propiedad de ser lleno un operador compacto en su álgebra débil generada. Posteriormente, algunos de sus estudiantes de postgrado, abordaron el caso para operadores llenos casi nilpotentes en su álgebra débil generada. Es conocido que la suma de un operador compacto, más uno casi nilpotente, es un operador de Riesz, realmente en un espacio de Hilbert separable, todos los operadores de Riesz se escriben de esta manera (Dowson, 1978). El paso natural era considerar en el álgebra débil un operador de Riesz y tratar de concluir la misma respuesta de los dos casos anteriores. Wilson Pacheco en (Pacheco, 2007) demuestra que, si en el álgebra débil generada por un operador unitario, existe un operador de Riesz lleno, entonces el operador es lleno; lo cual da una respuesta parcial al problema propuesto para operadores inyectivos en general. Este trabajo retoma el estudio de operadores llenos, pero a la luz de operadores en espacios de Banach y presenta algunas generalizaciones del tema.

Suponemos que el lector está familiarizado con los conceptos básicos del análisis funcional. Sin embargo, es pertinente señalar que (Kreiyszig, 1978) es un texto básico fundamental para conocer del tema. En (Rosales, 2016) se presentan resultados sobre operadores llenos que podrían servir de ayuda, al igual que nuestros preliminares. Los operadores de Riesz pueden ser estudiados en (Dowson, 1978).

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

Para nosotros,  $X$  es un espacio de Banach complejo y  $X^*$  su espacio dual. Por  $B(X)$  denotamos el espacio de los operadores lineales acotados. Un subespacio  $M$  de  $X$  es siempre entendido como cerrado, con respecto a la topología de la norma. Un subespacio  $M$  se llama invariante para  $T \in B(X)$ , si  $TM \subset M$ . Por  $\text{lat}(T)$  entendemos, la familia de todos los subespacios invariantes para  $T$ .

Un  $T \in B(X)$  se dice que es **lleno (o regular)**, si  $\overline{TM} = M$  ( $\forall M \in \text{lat}T$ ), donde la barra denota la clausura en la topología de la norma. Diremos que un operador  $A \in \text{Alglat}(T)$ , si dado  $M \in \text{lat}(T)$ , entonces  $M \in \text{lat}(A)$ . De igual manera, un operador  $A \in \{T\}'$ , si  $T \circ A = A \circ T$ .

Si  $T \in B(X)$ , por  $\sigma(T) = \{\lambda \in \mathbb{C} : T - \lambda I \text{ no es invertible}\}$  definimos el espectro del operador. Un subconjunto importante del espectro  $\sigma(T)$ , es el espectro puntual  $\sigma_p(T) = \{\lambda \in \mathbb{C} : \ker(T - \lambda I) \neq \{0\}\}$ . Un  $\lambda \in \sigma_p(T)$ , se le llama valor propio del operador  $T$ .

Al subconjunto de los números complejos  $\rho(T) = \mathbb{C} - \sigma_p(T)$  se le denomina la resolvente del operador  $T$ . En la resolvente  $\rho(T)$ , consideramos su subconjunto  $\rho_\infty(T)$ , que es la componente conexa no acotada de la resolvente.

Si  $T \in B(X)$  y  $M \in \text{lat}T$ , consideramos  $\hat{X} = X/M$  y  $\hat{T} \in B(\hat{X})$ , donde  $\hat{T}(x + M) = T(x) + M$ . Recordemos que  $X/M$  es el espacio de Banach cociente y escribiremos la clase  $x + M = \hat{x}$ .

Si  $K \in B(X)$ , cumple que, dada una sucesión acotada  $\{x_n\}_{n \in \mathbb{N}} \subset X$ , existen  $y \in X$ , una subsucesión  $\{x_{n_k}\}_{k \in \mathbb{N}}$ , tales  $K(x_{n_k}) \xrightarrow{\|\cdot\|} y$ , diremos que  $K$  es un operador compacto. Una clase más general de operadores, la constituyen los operadores de Riesz. Un  $K \in B(X)$  es un operador de Riesz, si cumple las propiedades: (1) Si  $\lambda \in \mathbb{C}, \lambda \neq 0$ , entonces  $\ker(T - \lambda I)^n$  ( $\forall n \geq 1$ ), es de dimensión finita. (2) Si  $\lambda \in \mathbb{C}, \lambda \neq 0$ , entonces  $(T - \lambda I)^n(X)$  ( $\forall n \geq 1$ ), es cerrado (3) Si  $\lambda \in \mathbb{C}$  y existe  $\{\lambda_n\}_{n \in \mathbb{N}} \subset \sigma_p(T)$ , una sucesión infinita y  $\lambda_n \rightarrow \lambda$ , entonces  $\lambda = 0$ . Como antes habíamos afirmado, todo operador compacto  $K$  es de Riesz. Un  $A \in B(X)$  se dice casi nilpotente, si  $\sigma(A) = \{0\}$ . Es conocido que la  $K + A$  es de Riesz,  $\forall K$  compacto,  $\forall A$  casi nilpotente.

Enunciamos algunos resultados, importantes para el desarrollo de la investigación:

**Teorema 1.** Sea  $X$  un espacio de Banach y  $T \in B(X)$ . Si  $T$  no es lleno, entonces existen, un vector no nulo  $x \in X$  y  $f \in X^*$ , tales que  $f(x) = 1$  y  $f(T^n(x)) = 0, \forall n \geq 1$ .

Demostración. Si  $T$  no es lleno, existe  $M \in \text{lat}T$ , tal que  $\overline{T(M)} \subsetneq M$ . Por el teorema de Hahn-Banach, podemos encontrar  $x \in M, f \in X^*$ , tales que  $f(x) = 1$  y  $f(T(M)) = \{0\}$ . Como  $T^n(x) \in M, \forall n \geq 1$ , se deduce lo afirmado.

**Teorema 2. (Sarason)** Sean  $T \in B(X)$ ,  $\rho(T)$  la resolvente de  $T$  y  $\rho_\infty$  su componente conexa no acotada. Se cumplen:

(1) Si  $\lambda_1$  y  $\lambda_0$  pertenecen a la misma componente conexa de  $\rho(T)$ , entonces  $\text{lat}(T - \lambda_1 I)^{-1} = \text{lat}(T - \lambda_0 I)^{-1}$

(2) Si  $\lambda \in \rho_\infty$ , entonces  $\text{lat}(T - \lambda I)^{-1} = \text{lat}(T)$

Demostración. Ver (Bravo, 1980).

**Teorema 3.** Si  $T \in B(X)$  es de Riesz, entonces  $\hat{T} \in B(\hat{X})$  es de Riesz.

Demostración. Ver (Aiena, 2004). ■

Finalizamos esta sección diciendo que  $T \in B(X)$  es acotado por abajo, si existe una constante  $r > 0$ , tal que  $r\|x\| \leq \|T(x)\|, \forall x \in X$ .

Todo operador  $T$  acotado por abajo es inyectivo y particularmente importante, cumple que  $\overline{T(M)} = T(M), \forall M \in \text{lat}(T)$ . En efecto, sea  $T(x_n) \xrightarrow{\|\cdot\|} y, x_n \in M$ . Sabemos que  $r\|x_n - x_m\| \leq$

$\|T(x_n - x_m)\| \rightarrow 0$ , por lo tanto  $\{x_n\}_{n \in \mathbb{N}}$  es de Cauchy en  $X$ . Se deduce que, existe  $x \in X$  con  $x_n \xrightarrow{\|\cdot\|} x$ . Esto asegura que  $T(x) = y$ .

### 3. OPERADORES DE RIESZ EN EL $\text{Alglat}(T) \cap \{T\}'$

Comenzamos esta sección con dos lemas elementales, pero decisivos en la demostración del resultado fundamental de este trabajo.

**Lema 1.** Sean  $T \in B(X)$  y  $M, N$  subespacios de  $X$ , tales que  $M \in \text{lat}(T)$ ,  $M \subset N$  y  $\overline{T(M)} = M$ . Si  $\overline{\widehat{T}(\widehat{N})} = \widehat{N}$ , entonces  $\overline{T(N)} = N$ .

Demostración. Sea  $x \in N$ , luego  $\hat{x} = \lim_{n \rightarrow +\infty} \widehat{T}(\widehat{w}_n)$ ,  $w_n \in N$ . Si  $\epsilon_k \rightarrow 0$ ,  $\epsilon_k > 0$ , existen  $z_{n_k} \in M$ , tal que  $\|T(w_{n_k}) + z_{n_k} - x\| \leq \frac{\epsilon_k}{2}$ . Por otro lado, existe  $r_{n_k} \in M$  con  $\|T(r_{n_k}) - z_{n_k}\| \leq \frac{\epsilon_k}{2}$ . Se deduce que  $\|T(w_{n_k} + r_{n_k}) - x\| \leq \|T(w_{n_k}) + z_{n_k} - x\| + \|T(r_{n_k}) - z_{n_k}\| \leq \epsilon_k \Rightarrow x \in \overline{T(N)}$  ya que  $w_{n_k} + r_{n_k} \in N$ . Esto dice que  $N \subset \overline{T(N)}$ . Note que  $\widehat{T}(\hat{x}) = \hat{z}$  ( $z \in N$ ), luego  $T(x) \in M + N \subset N$ . Es decir  $\overline{T(N)} \subset N$ .

**Lema 2.** Sean  $T \in B(X)$  y  $M \in \text{lat}(T)$  con  $\overline{T(M)} = M$ . Si  $T$  es un operador lleno, entonces  $\widehat{T} \in B(X/M)$  es un operador lleno.

Demostración. Sea  $W \in \text{lat}(\widehat{T})$ , luego  $W = \widehat{N}$ , con  $N \in \text{lat}(T)$ ,  $M \subset N$ . Como  $T$  es lleno, tenemos que  $\overline{T(N)} = N$ . Si  $x \in N$ , entonces  $x = \lim_{n \rightarrow +\infty} T(w_n)$ ,  $w_n \in N \Rightarrow \hat{x} = \lim_{n \rightarrow +\infty} \widehat{T}(\widehat{w}_n) \Rightarrow \hat{x} \in \overline{\widehat{T}(\widehat{N})}$ . Es decir

$\widehat{N} \subset \overline{\widehat{T}(\widehat{N})}$ . Como  $\widehat{T}(\widehat{N}) \subset \widehat{N}$ , se deduce el resultado.

El siguiente resultado fue publicado inicialmente en (Karanasios, 1984) y es fundamental para el desarrollo de esta investigación.

**Teorema 4.** Sean  $X$  un espacio de Banach y  $T \in B(X)$  un operador casi nilpotente y lleno. Si  $M, N \in \text{lat}$  con  $M \subsetneq N$ , entonces  $\dim N/M \neq 1$ .

Demostración. Si  $\dim N/M \neq 1$ , entonces  $N = [x] \oplus M$  ( $x \in N - M$ ).

Por el teorema de Hahn-Banach, existe  $f \in X^*$  con  $\|f\| = 1$ , tal que  $f(x) \neq 0$ .

Nosotros tenemos que  $T(x) = \alpha \cdot x + y$  ( $y \in M$ ). Se sigue de lo anterior que  $(T - \alpha I)(N) \subset M$ .

Si  $\alpha = 0$ ,  $T(N) \subset N$ , entonces  $\overline{T(N)} = N \subset M$ , lo que es contradictorio.

Asumimos por lo tanto que  $\alpha \neq 0$ . En este caso  $T^n(x) = \alpha^n \cdot x + y_n$  ( $y_n \in N$ )  $\Rightarrow f(T^n(x)) = \alpha^n \cdot f(x) \Rightarrow |f(T^n(x))| = |\alpha|^n |f(x)| \Rightarrow |\alpha| \leq \frac{\sqrt[n]{\|x\|} \cdot \sqrt[n]{\|T\|^n}}{\sqrt[n]{|f(x)|}} \rightarrow 0$ . Esto dice que  $\alpha = 0$ , lo que es contradictorio.

El siguiente resultado será de utilidad para caracterizar operadores llenos.

**Lema 3.** Sean  $X$  un espacio de Banach y  $T \in B(X)$ . Si  $x \in X$ ,  $f \in X^*$ , tal que  $f(x) = 1$ ,  $f(T^n(x)) = 0, \forall n \geq 1$  y  $M = \bigvee_{n=0}^{+\infty} T^n(x)$  el subespacio cerrado generado por las potencias  $T^n(x)$ ; entonces  $\dim M/\overline{T(M)} = 1$ .

Demostración. Es claro que  $x + \overline{T(M)} \neq 0$ , por lo tanto  $\dim \frac{M}{\overline{T(M)}} \geq 1$ .

Ahora consideremos  $w + \overline{T(M)} \neq 0$ , y una red de polinomios  $P_d(Z)$ , tales que  $P_d(T)(x) \xrightarrow{\|\cdot\|} w \Rightarrow f(P_d(T)(x)) = P_d(0) \rightarrow f(w)$ .

Si  $Q_d(Z) = P_d - P_d(0)$ , entonces  $Q_d(T)(x) \in T(M) \Rightarrow$

$\lim_d Q_d(T)(x) \in \overline{T(M)}$ .

Como  $w - f(w)x = \lim_d Q_d(T)(x)$ , se sigue que  $w + \overline{T(M)} = f(w)(x + \overline{T(M)})$ , lo que asegura el resultado.

Del resultado previo se deduce:

**Teorema 5.** Sean  $X$  un espacio de Banach y  $T \in B(X)$ . Si  $K \in \text{Alglat}(T)$  es un operador casi nilpotente lleno, entonces  $T$  es lleno.

Demostración. Si  $T$  no es lleno, existen  $x \in X$ ,  $f \in X^*$ , tal que

$f(x) = 1$ ,  $f(T^n(x)) = 0, \forall n \geq 1$  y si  $M = \bigvee_{n=0}^{+\infty} T^n(x)$ , entonces

$\dim M/\overline{T(M)} = 1$ .

Por otro lado  $M, \overline{T(M)} \in \text{lat}(K)$ , luego por el teorema 4, deducimos que  $\dim M/\overline{T(M)} \neq 1$ , lo que es contradictorio.

El siguiente resultado generaliza el anterior, con ciertas limitaciones en sus hipótesis y para operadores de Riesz, y es nuestro principal resultado.

**Teorema 6.** Sean  $X$  un espacio de Banach y  $T \in B(X)$  acotado por abajo. Sea  $K \in \text{Alglat}(T) \cap \{T\}'$  un operador de Riesz. Si  $K$  es lleno, entonces  $T$  es lleno.

Demostración. Supongamos que  $T$  no es lleno, entonces existe un  $M \in \text{lat}T$ , tal que  $\overline{T(M)} \subsetneq M$ .

Suponemos, transitoriamente, que  $T$  es simplemente inyectivo.

Sea  $F = \{N \in \text{lat}(T): \{0\} \subsetneq N \subsetneq M, \overline{T(N)} = N\}$

Estudiemos dos casos para esta familia  $F$ .

(1)  $F = \emptyset$ .

Si  $K|_M$ , entonces  $K|_M \in B(M)$  es de Riesz y  $K|_M \in \text{Alglat}(T|_M) \cap \{T|_M\}'$ .

Si  $\sigma(K|_M) = \{0\}$ , deducimos por el teorema 5 que  $T|_M$  es lleno, lo que es contradictorio. Por lo tanto, existe  $\lambda \in \sigma(K|_M) - \{0\}$ . Sea

$M_1 = \text{Ker}((K|_M) - \lambda I) \in \text{lat}(T|_M)$  es finito-dimensional. Como  $T$  es inyectivo, tenemos que  $T(M_1) = M_1$ . Esto contradice que  $F = \emptyset$ . Esto prueba que  $T$  es lleno.

2.  $F \neq \emptyset$ .

Sea el subespacio cerrado generado por los  $N \in F$  que denotamos mediante  $L = [N: N \in F]$ . Es claro que  $L \in F$  y si  $N \in F$ , entonces  $N \subset L$ .

Consideramos ahora  $\hat{X} = X/L$  y los operadores  $\hat{T}, \hat{K} \in B(\hat{X})$ . Por el lema 2, sabemos que  $\hat{K}$  es lleno. Es fácil probar que  $\hat{K} \in \text{Alglat}(\hat{T}) \cap \{\hat{T}\}'$ .

Demostremos que el operador  $\hat{T}$  es inyectivo. En efecto, si  $\hat{T}(\hat{x}) = 0$ , entonces  $T(x) \in L = T(L)$  (ya que  $T$  es acotada por abajo). Es decir  $T(x) = T(y)$ , luego  $x = y \in L$ . Por el lema 1, deducimos que  $\overline{(\hat{T})(\hat{M})} \subsetneq \hat{M}$ .

Probemos que no existe  $W \in \text{lat}(\hat{T})$ , tal que  $\overline{(\hat{T})(W)} = W$ , con  $\{0\} \subsetneq W \subsetneq \hat{M}$ .

En efecto,  $W = \hat{N}$  con  $N$  subespacio cerrado con  $L \subsetneq N \subset M$ . Como  $\overline{(\hat{T})(\hat{N})} = \hat{N}$ , deducimos que  $\overline{T(N)} = N$ , lo que contradice la maximalidad de  $L$ . Siguiendo los mismos argumentos de la primera parte llegaremos a una contradicción.

#### 4. REFERENCIA

- Aiena, P. (2004). Fredholm and Local Spectral Theory, with Applications to Multipliers. Kluwer Acad. Publishers. Dordrecht.
- Bravo, J. (1980). Relations between  $\text{lat}T$ ;  $\text{lat}T^{(-1)}$ ;  $\text{lat}T^2$  and operators with compact imaginary parts. Ph. D. Dissertation. University of California, Berkeley.
- Dowson, H. R. (1978). Spectral Theory of Linear Operator. Academic Press. New York.
- Karanasios, S. (1984). Full operators and approximations of inverses. Journal of the London Mathematical Society, s2-30: 295-304. <https://doi.org/10.1112/jlms/s2-30.2.295>
- Kreyszig, E. (1978). Introductory Functional Analysis with Applications. John Wiley & Sons. London.
- Pacheco, W. (2007). Operadores Llenos. Trabajo de ascenso para optar a la categoría de profesor titular. Facultad Experimental de Ciencias. Universidad del Zulia. Maracaibo.
- Rosales, E. (2016). Regularidad de Operadores y Aplicaciones. Editorial Académica Española. Barcelona.

#### Contribución de autores

Autor	Contribución
Edixo Rosales	Concepción y diseño, redacción del artículo y revisión del documento.



## Guía de Publicación para Autores

### REVISTA BASES DE LA CIENCIA

BASES DE LA CIENCIA es una Revista Científica Arbitrada de edición continua, en formato exclusivamente electrónico (e-ISSN: 2588-0764) que inició sus actividades en Septiembre del año 2016. Publica artículos originales, notas técnicas, comunicaciones cortas, artículos de divulgación y revisiones bibliográficas de las áreas de Biología, Física, Matemática, Química, Geociencias y afines que contengan resultados de investigación experimentales, teóricos y aplicados que representen aportes significativos al conocimiento y que no hayan sido propuestos simultáneamente a otras revistas. A partir del año 2018 el **Comité Científico Internacional** de la Revista Bases de la Ciencia decidió eliminar la temática áreas afines por ser muy amplia.

La Revista Bases de la Ciencia tiene como finalidad primordial la difusión y divulgación de los avances de la Ciencia ecuatoriana, hispanoamericana y el caribe. Actualmente, se conforma por las secciones permanentes: Biología, Física, Matemática, Química y Geociencias que contengan resultados de investigación experimentales, teóricos y aplicados que aportan a la academia de Hispanoamérica y el Caribe.

La revista está dirigida a autoridades, docentes, estudiantes de maestría y doctorado, emprendedores, investigadores, profesionales, instituciones públicas y privadas y todas las personas interesadas por las áreas de ciencias mencionadas. La Revista cuenta con el apoyo de la Universidad Técnica de Manabí.

La revista tiene una periodicidad cuatrimestral (tres números en el año), de edición continua en formato exclusivamente electrónico (e-ISSN: 2588-0764) es editada por el Instituto de Ciencias Básicas de la Universidad Técnica de Manabí-Portoviejo y recibe artículos en los idiomas español, inglés y portugués.



Se encuentra disponible en versión digital con acceso libre (<http://revistas.utm.edu.ec/index.php/Basedelaciencia/index>) y no tiene costos asociados por publicación.

## ENVIO DE LOS MANUSCRITOS

La recepción de los artículos es permanente. Los autores que deseen publicar pueden solicitar el registro en la Revista Bases de la Ciencia, enviando los siguientes datos: nombre, apellido, afiliación institucional, país, temática en la cual estaría dispuesta a ser revisor externo de la revista, al siguiente correo [revistabasesdelaciencia@gmail.com](mailto:revistabasesdelaciencia@gmail.com) y se le asignara un usuario y clave. La clave es temporal puede ser modificada por el investigador. También pueden registrarse directamente en el Open Journal System (<http://revistas.utm.edu.ec/index.php/Basedelaciencia/user/register>) y enviar desde allí el artículo con una carta de intención y aprobación en la que se debe indicar lo siguiente: Nombre(s) completo(s) del(los) autor(es) y direcciones para envío de correspondencia (es necesario colocar una dirección de correo electrónico con el autor o persona encargada con la cual estableceremos contacto). Se debe llenar los 2 formatos siguientes:

1.- Cesión de derechos y 2.- Solicitud de publicación de artículo.

Aunque el autor podrá remitir esta información a través de los correos electrónicos: [revistabasesdelaciencia@gmail.com](mailto:revistabasesdelaciencia@gmail.com); [revistabasesdelaciencia@utm.edu.ec](mailto:revistabasesdelaciencia@utm.edu.ec).

El envío de un artículo a la revista implica que ha sido aprobado por todos los autores y están de acuerdo con su contenido en el caso de ser publicado. Se entenderá que el documento sometido a la revista no ha sido enviado, ni publicado en ninguna otra revista científica, es decir, es inédito y original. Aunque todas las contribuciones estarán sujetas a revisión previa, la responsabilidad por el contenido de la misma recae sobre los autores y no sobre los editores, el comité editorial o la Universidad Técnica de Manabí.



## Artículos aceptados por la revista Bases de la Ciencia

La revista BASES DE LA CIENCIA publica artículos originales, notas técnicas, comunicaciones cortas, artículos de divulgación y revisiones bibliográficas de investigadores relacionadas con todos los aspectos científicos modernos de las áreas de interés de la revista que representen aportes significativos al conocimiento y que no hayan sido propuestos simultáneamente a otras revistas.

Los artículos originales deben ser el resultado de estudios de campo o de laboratorio que aporten información nueva o el análisis estadístico de una gran colección de resultados de trabajos individuales con el propósito de integrar los hallazgos. Las Notas Técnicas o Comunicaciones Cortas están reservadas a tópicos de interés tales como observaciones, extensión de datos u otros hallazgos que por sí solos no constituyen un estudio comprensivo.

a. Para los artículos originales se recomienda su división en: Título se escribe con mayúsculas (en inglés, español y portugués), autores y procedencia (dirección postal institucional precisa, incluir Email), Resumen, Palabras Clave, Abstract, Key Words, Introducción, Metodología (si el autor desea puede ser dividido en Materiales y Métodos), Resultados, Discusión (o Resultados y Discusión), Conclusiones, Agradecimientos y Referencias. Las tablas y leyendas de las figuras deben ser incluidas en el texto.

b. Las Notas Técnicas o Comunicaciones Cortas se escriben de forma corrida con la estructura siguiente: Título, autores y procedencia, Resumen, Introducción, Metodología (si el autor desea puede ser dividido en Materiales y Métodos), Resultados y Discusión, Conclusiones, Referencias.

c. Las Revisiones se recomienda citar por lo menos 40 referencias del tema a analizar. Su estructura es la siguiente: Resumen, Introducción, Metodología, Desarrollo y discusión, Conclusiones y Referencias. Igualmente, en el envío del manuscrito debe señalarse el área de pertinencia o la línea de investigación a la cual pertenece.

Los artículos deben someterse a arbitraje en línea a través de la siguiente dirección: <http://revistas.utm.edu.ec/index.php/Basedelaciencia>. Presentar el artículo mediante comunicación escrita dirigida al Editor (a) General de la Revista Bases de la Ciencia, en soporte



digital a los Correos electrónicos: [revistabasesdelaciencia@utm.edu.ec](mailto:revistabasesdelaciencia@utm.edu.ec); [revistabasesdelaciencia@gmail.com](mailto:revistabasesdelaciencia@gmail.com). En la comunicación escrita el autor debe expresar el tipo de documento (artículo original, nota técnica, comunicaciones cortas, artículo de divulgación o revisiones) y sección a la que postula su trabajo (Ciencias físicas, Ciencias Químicas, Ciencias Matemáticas, Ciencias Biológicas o Geociencias). Debe adjuntar la hoja de vida del autor en Correspondencia, y carta de postulación en la que exprese claramente que conoce y acepta la política editorial de Bases de la Ciencia; cede los derechos de reproducción y distribución del artículo; la originalidad del trabajo y su declaración de que no tiene conflicto de intereses (en lo comercial, propiedad intelectual, relevancia académica, financiero). Llenar formatos de Cesión de derechos y Solicitud de publicación.

## ESTRUCTURA DE LOS ARTÍCULOS

Normas Editoriales Generales: El texto completo debe hacerse en Word, con todos los márgenes de 2,0 cm, a 1 1/2, letra Times New Roman tamaño 12, escrito por una sola cara. El texto no debe exceder de 20 páginas (incluyendo tablas y figuras) salvo que cuente con autorización del Editor General para un número de páginas superior. Numere todas las páginas margen inferior derecho. Los números decimales deben ser separados por comas (,) si el trabajo está en español y punto (.) si es en inglés. Los artículos pueden ser escritos en español, portugués o en inglés (en todos los casos el resumen debe estar en los tres idiomas).

1. Título. En español, inglés y portugués y no exceder de 20 palabras. Debe ser explicativo y contener la esencia del trabajo, evite el uso de fórmulas o expresiones técnicas muy largas. En mayúscula, negritas y centrado.

2. Autores. Deben indicarse nombres y apellidos. Ejemplo:

Lelly María Useche Castro<sup>1\*</sup>, Olga Lilian Mendoza Talledo<sup>1</sup>, Rosalba Karen Bravo Saltos<sup>1</sup>, Miguel Ángel Lapo Palacios<sup>1</sup>

3. Direcciones. Se debe escribir la dirección completa de la Institución donde se realizó el trabajo y aquellas a las cuales donde pertenecen los autores. Indique con símbolos a que autor corresponde cada dirección. Indique, además, el autor de correspondencia, su dirección



electrónica mediante un asterisco (\*) y el identificador ORCID. Los autores que carezcan de este indicador personal pueden registrarse en <https://orcid.org/register>.

Ejemplo: <sup>1</sup>Departamento de Matemáticas y Estadística. Instituto de Ciencias Básicas. Universidad Técnica de Manabí. Ecuador.

\*Autor para correspondencia: [luseche@utm.edu.ec](mailto:luseche@utm.edu.ec)

Dra. Lelly María Useche Castro: <https://orcid.org/0000-0002-4294-9009>

MSc. Olga Lilian Mendoza Talledo: <https://orcid.org/0000-0001-6053-562X>

MSc. Rosalba Karen Bravo Saltos: <https://orcid.org/0000-0002-3991-864X>

MSc. Miguel Ángel Lapo Palacios: <https://orcid.org/0000-0003-4183-4290>

4. Resumen, Abstract y Resúmen. No mayor de 250 palabras. Debe presentarse en español, inglés y portugués. Los resúmenes en los diferentes idiomas deben parecerse lo más posible entre sí. Los autores pueden buscar asistencia con alguna persona que hable el idioma (que el autor no domine) de manera fluida. La traducción mediante el uso de programas de traducción no debe ser utilizada en ningún caso. El resumen contendrá los objetivos, metodología, principales resultados y conclusiones. No incluir referencias y debe escribirse en letra Times New Roman 10 a un solo párrafo.

5. Palabras clave. Deben colocarse al finalizar el resumen, abstract o resúmen. Incluir un máximo de 5 palabras clave, necesarias para la mejor ubicación en los índices internacionales.

6. Introducción. En esta sección, redactada en presente, el autor expresa el propósito del artículo, alcances, el contexto del problema a resolver, para lo cual presenta en forma breve las más recientes e importantes investigaciones relacionadas con el tema, que en promedio tengan 10 años de antigüedad, salvo los clásicos de consulta obligada. Son fundamentales la hipótesis o pregunta de la investigación y el problema planteado. Finalice con el objetivo de la investigación.

7. Metodología (Materiales y métodos). Esta sección tiene como propósito entregar información para que el estudio sea replicado. Se redacta en pasado. Debe señalar cómo estudió el problema, por tanto, expresar claramente todos los protocolos, métodos y características relevantes de los materiales empleados para llegar a los resultados. No debe describirse un método si ya está descrito en la bibliografía; basta con presentar la cita bibliográfica. Si utiliza un método modificado, debe señalarse claramente la modificación. Es fundamental presentar los materiales evaluados (especificaciones técnicas, cantidades, procedencia o método de preparación, nombres genéricos o químicos evitando los comerciales), y el análisis estadístico (debe realizarse mediante software especializado).

8. Resultados. Se debe explicar con claridad y precisión los hallazgos, complementados con tablas y figuras las que se enumeran correlativamente a medida que se mencionan en el texto. Evite repetir la información de las tablas y figuras, sólo destaque lo más relevante. Las tablas y figuras deben ser autoexplicativos de tal manera que el lector no tenga que ir al texto para entender la información que se entrega; los nombres científicos, abreviaturas, unidades, entre otros, deben ser incluidos. Se redacta en pasado.

9. Discusión. Es la sección para interpretar los hallazgos, exponer su importancia, implicaciones, relaciones con otros estudios, alcances teóricos y aportes al avance de la ciencia. La discusión debe sustentarse en el análisis estadístico y aportes de otros autores con estudios similares, más no en apreciaciones subjetivas. Si el autor desea puede unir resultados y discusión.

10. Conclusión. Es una síntesis de los hallazgos y deben corresponderse con los objetivos planteados.

11. Agradecimiento. Es opcional y no debe extenderse más allá de las 100 palabras.

12. Tablas. Se deben incluir y citarse en el texto. Deben presentarse con líneas en la parte superior e inferior de los encabezados de la misma, así como al final de la tabla. Se identificarán con números arábigos (Ejemplo: Tabla 1) y llevarán un encabezamiento descriptivo. Las abreviaturas se explicarán al pie de la tabla.



13. Figuras. Se deben incluir y citarse en el texto. Las figuras se identificarán con números arábigos (Ejemplo: Figura 1). Evite el uso de fondos coloreados o grises. Utilice diferentes tipos de líneas y símbolos en figuras con múltiples líneas. Las leyendas sobre los ejes X y Y deben ser de tamaño legible.

14. Fotografías. Se deben incluir y citarse en el texto. Deberán ser reproducciones nítidas. Su tamaño no excederá el de la hoja impresa. No deben montarse. Se indicará la magnificación de las microfotografías.

15. Referencias. Estas deben ser actualizadas. Los autores son responsables de la fidelidad de las referencias. Se debe incluir una lista completa de todas las referencias, las cuáles serán ordenadas alfabéticamente por el apellido del primer autor de cada cita del documento y con sangría francesa, siguiendo las normas de citación y de estilo de la American Psychological Association (APA), última versión.

Cuando las evaluaciones de los árbitros estén completas, éstas serán remitidas a los autores para su corrección y serán recibidas en un lapso no mayor a 45 días (para evaluaciones con ligeras modificaciones) o no mayores a 60 días (para modificaciones sustanciales). De no recibirse en el lapso establecido, se asumirá el retiro del manuscrito por parte del autor o autores.



Día de Mes del Año

A: Comité Editorial

### Cesión de Derechos de Autor

Hacemos constar mediante el presente documento, que el(los) autor(es) cede(n) a la revista Bases de la Ciencia los derechos de autor del artículo titulado:

Título del artículo

El(los) autor(es) autoriza(n) la publicación y difusión del artículo mencionado, según lo disponga la Revista Bases de la Ciencia.

El(los) autor(es) firmantes garantiza(n) que el documento es original, no ha sido publicado total, ni parcialmente, en otra revista o medio de difusión físico o electrónico, ni ha sido presentado para publicar en otra revista.

De igual forma, los autores firmantes reconocemos que la revista asume como suyos los principios del acceso abierto establecidos en las declaraciones de Berlin, Bethesda y Budapest, razón por la cual aceptamos que el trabajo que se presenta sea distribuido en acceso abierto, protegiendo los derechos de autor bajo una licencia “creative commons”.

Declaramos nuestro acuerdo con todo lo expresado en el presente documento.

	<b>Nombres y Apellidos</b>	<b>Firma</b>
Autor 1		
Autor 2		
Autor 3		
Autor 4		
Autor 5		
Autor 6		

Observación: El orden de los autores expresa la forma de participación en el artículo.  
Envíe este documento en formato .pdf





## Solicitud de Publicación de Artículo

Día de Mes del Año

A: Comité Editorial de la Revista Bases de la Ciencia.

Solicito la revisión para su publicación, de considerarlo conveniente, del artículo titulado:

Tema del artículo. Afirmamos que lo expresado en el artículo es creación propia de los autores y las partes seleccionadas de otros documentos científicos han sido correctamente citadas respetando los derechos de cada autor.

Los autores ratifican mediante su firma que se comprometen a cumplir con el **Código de Ética de los Autores** publicado en la segunda página y que han utilizado el documento **Autoevaluación del trabajo antes de ser enviado para su consideración de publicación en la revista** el cual adjuntan al envío de esta solicitud.

En espera de su respuesta, atentamente;

	<b>Nombres y Apellidos</b>	<b>Firma</b>
Autor 1		
Autor 2		
Autor 3		
Autor 4		
Autor 5		
Autor 6		

Observación: El orden de los autores expresa la forma de participación en el artículo. Describa en un párrafo no mayor de cinco (5) líneas la novedad del trabajo presentado





## Código de Ética de los Autores

1. La responsabilidad principal del autor es presentar para su publicación una descripción científica y rigurosa de su trabajo de investigación experimental, teórica o tecnológica, con una discusión objetiva de sus resultados.
2. El artículo presentado debe contener suficientes referencias de fuentes públicas. Esto debe permitir que los profesionales que consulten su trabajo puedan verificar las fuentes. El autor debe citar y dar la adecuada atribución a aquellas publicaciones que han influido y determinado la naturaleza del artículo a publicar con el objetivo de guiar al lector hacia trabajos anteriores que le ayuden a comprender el trabajo publicado.
3. Las informaciones obtenidas por el autor de forma privada, producto de la conversación, la correspondencia o la discusión con terceros, no será usada o declarada en el trabajo sin el permiso explícito de las personas a través de la cuales fue obtenida. La información adquirida a partir de trabajos en fase de revisión o aplicaciones de colaboración, serán tratadas de la misma forma.
4. El artículo presentado no contendrá material plagiado o falseará los datos de la investigación. Además, los autores deben confirmar que el artículo no ha sido publicado en ningún tipo de medio con anterioridad ni tampoco pueden haberlo presentado a otra revista simultáneamente.
5. El autor no debe fragmentar su trabajo de investigación para su publicación. Los autores que han realizado su trabajo sobre un sistema o grupo de sistemas relacionados organizarán la publicación del mismo con el propósito de que cada artículo dé una descripción completa de un aspecto especial del estudio general. No es ético que un autor presente, para su publicación más de un trabajo que describa la misma investigación o proyecto a más de una revista.
6. Es ética la crítica sobre los contenidos y criterios de un trabajo publicado; sin embargo, no es aceptable la crítica personal.
7. Para proteger la integridad de la autoría del trabajo, solamente los profesionales que han colaborado en la investigación o el proyecto y confección del artículo serán enumerados como coautores. El autor principal da fe del hecho de haber incluido a todos los coautores del trabajo al entregar la solicitud de publicación.
8. El autor no debe presentar cambios en el contenido de su trabajo después de que ha sido aceptado y se le ha devuelto para que realice las correcciones propuestas. Si existiera una razón de peso para realizar cambios el autor debe informarlos al Comité Editorial y este tiene la autoridad para aprobar o no los cambios propuestos.
9. El autor no debe conocer el nombre de los árbitros o indagar sobre los mismos.



10. Los autores cuya investigación involucre seres humanos o animales son responsables de la aprobación por el Comité de Bioética de la Investigación de la institución en que se hizo el estudio e identificarlo en el texto de la forma siguiente:

Responsabilidades éticas

Protección de personas y animales. Los autores declaran que para esta investigación no se han realizado experimentos en seres humanos ni en animales.

Confidencialidad de los datos. Los autores declaran que en este artículo no aparecen datos de pacientes.

Conflicto de Intereses: Ninguno.

Envíe este documento en formato **.pdf**





## Créditos

### CONSEJO EDITORIAL

#### DIRECTORA

Dra. Yulixis Nohemi Cano de Torres. (**Ecuador**)/ycano@utm.edu.ec, yulixiscano@gmail.com / Instituto de Ciencias Básicas. Universidad Técnica de Manabí

#### EDITOR GENERAL

Dr. Julio Cesar Torres Puentes. (**Ecuador**)/jctorres@utm.edu.ec, jtorres11912@gmail.com / Instituto de Ciencias Básicas. Universidad Técnica de Manabí

### EDITORES POR SECCIÓN

#### BIOLOGÍA

Dr. Carlos L. Vásquez Freytez (**Ecuador**)/ca.vasquez@uta.edu.ec / Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Técnica de Ambato (UTA)

Dra. Marynes Montiel. (**Ecuador**)/montielmarynes@gmail.com / Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL)

#### FÍSICA

Dr. C. Rolando Serra Toledo. (**Cuba**)/serratoledo@gmail.com / Universidad Tecnológica de la Habana José Antonio Echeverría (CUJAE)

#### MATEMÁTICA

Dra. Carmen Judith Vanegas Espinoza. (**Ecuador**)/cvanegas@utm.edu.ec / Instituto de Ciencias Básicas. Universidad Técnica de Manabí

Dr. Miguel José Vivas-Cortez. (**Ecuador**)/mjvivas@puce.edu.ec / Pontificia Universidad Católica del Ecuador (PUCE)

Dr. Michel Enrique Gamboa

Graus. (**Cuba**)/michelgamboagraus@gmail.com, michelgg@ult.edu.cu, michelenriquegg@yahoo.com/ Universidad de las Tunas, Las Tunas (Cuba)



Dr. Luis Sánchez. (**Ecuador**)/uccursos@gmail.com / Instituto de Ciencias Básicas.  
Universidad Técnica de Manabí

## GEOCIENCIAS

Dr. Williams Mendez. (**Ecuador**)/williamsmendez@gmail.com / Universidad Técnica de Manabí

## QUÍMICA

Dra. Maria del Rosario Brunetto de

Gallignani. (**Ecuador**)/mbrunetto@utm.edu.ec, mariadelrosario2327@gmail.com / Instituto de Ciencias Básicas. Universidad Técnica de Manabí

Dr. Máximo Aurelio Gallignani de Bernardi. (**Ecuador**)/mgallignani@utm.edu.ec / Facultad de Ciencias Matemáticas, Físicas y Químicas. Universidad Técnica de Manabí

Dr. Gilberto Colina. (**Perú**)/gjcolinaa@gmail.com / Universidad Católica de Santa Maria (UCSM)-Arequipa.

Dra. Elvia Victoria Cabrera

Maldonado. (**Ecuador**)/vicky\_label2000@yahoo.es, vicky\_label2000@hotmail.com / Facultad de Ingeniería Química. Universidad Central del Ecuador

Dr. Stalin Gustavo Santacruz Téran (**Ecuador**)/stalin.santacruz@gmail.com / Universidad Layca Eloy Alfaro de Manabí (ULEAM)

## APOYO LOGÍSTICO E INFORMÁTICO

Ing. Rosalba Karen Bravo Saltos. (**Ecuador**)/rosybravo777@gmail.com / Instituto de Ciencias Básicas. Universidad Técnica de Manabí

Ing. Carlos Rivero Torres. (**Ecuador**)/crivero@utm.edu.ec / Universidad Técnica de Manabí

Dr. Oswaldo Larreal (**Ecuador**)/olarreal@utm.edu.ec / Universidad Técnica de Manabí

## CORRECTOR DE TRADUCCIÓN DEL IDIOMA ESPAÑOL AL INGLÉS

Ing. Angel E. Hernandez B. (**Jamaica**)/aehb86@gmail.com / University Technology of Jamaica



MSc. Ocando Pereira Yaneth Chiquinquirá. (**Ecuador**)/ychocando@gmail.com / Universidad de Cuenca

MSc. Lincon Oliver Echeverría Zurita (**Ecuador**)/lecheverria@utm.edu.ec / Universidad Técnica de Manabí (UTM)

## CORRECTOR DE TRADUCCIÓN DEL IDIOMA ESPAÑOL AL PORTUGUÉS

Dr. Marcelo De Barros

Ramalho. (**Brasil**)/marcelo.ramalho@prof.uniso.br / Universidade de Sorocaba  
Eres Fernández. (**Brasil**)/igmefern@usp.br / University of São Paulo

Dra. Noroska Gabriela Salazar

Mogollón. (**Ecuador**)/noroska.salazar@ikiam.edu.ec / Universidad Regional Amazónica. IKIAM

## COMITE EDITORIAL INTERNO

Dr. Henry Antonio Pacheco Gil. (**Ecuador**)/henrypacheco@gmail.com / Facultad de Ingeniería Agrícola. Universidad Técnica de Manabí

Dr. Ezequiel Zamora-Ledezma. (**Ecuador**)/ezequielza24@gmail.com / Facultad de Ingeniería Agrícola. Universidad Técnica de Manabí

Dra. Mirna Oviedo. (**Ecuador**)/moviedo@utm.edu.ec, mirnaoviedo@gmail.com / Instituto de Ciencias Básicas. Universidad Técnica de Manabí

Dr. Enrique Ruiz Reyes. (**Ecuador**)/eruz@utm.edu.ec / Instituto de Ciencias Básicas. Universidad Técnica de Manabí

Dr. Jean Carlos Pérez Parra. (**Ecuador**)/jcarlospp@gmail.com / Instituto de Ciencias Básicas. Universidad Técnica de Manabí

Dr. Juan Ramón Primera Ferrer. (**Ecuador**)/juan.primera2009@gmail.com, juanrpf@hotmail.com / Instituto de Ciencias Básicas. Universidad Técnica de Manabí

Dr. Victor Ernesto Marquez Perez. (**Ecuador**)/victore.marquezp@gmail.com / Instituto de Ciencias Básicas. Universidad Técnica de Manabí

Dr. Mario Adelfo Batista Zaldívar. (**Ecuador**)/mariobatzal69@gmail.com / Instituto de Ciencias Básicas. Universidad Técnica de Manabí

Dra. Lelly Maria Useche Castro. (**Ecuador**)/luseche@utm.edu.ec / Instituto de Ciencias Básicas. Universidad Técnica de Manabí



Dr. Francisco Omar Cedeño Loor. (**Ecuador**)/fcedeno@utm.edu.ec / Instituto de Ciencias Básicas. Universidad Técnica de Manabí

MSc. Jorge Rosendo Flores Herrera. (**Ecuador**)/flojorge@gmail.com / Instituto de Ciencias Básicas. Universidad Técnica de Manabí

Dr. Carlos Alberto Jadán Piedra (**Ecuador**)/cjadan@utm.edu.ec / Ingeniería Industrial. Universidad Técnica de Manabí

MSc. Felipe Rumbaut León (**Ecuador**)/frumbaut@gmail.com / Instituto de Ciencias Básicas. Universidad Técnica de Manabí

Dr. Roberto Bauza Fermin. (**Ecuador**)/rbauza7@gmail.com, robertomapor@gmail.com / Facultad de Ciencias de la Salud. Universidad Técnica de Manabí

Dr. Ramón Eduardo Jaimez Arellano. (**Ecuador**)/rjaimezarellano@gmail.com / Facultad de Ciencias Agronómicas. Universidad Técnica de Manabí

## COMITE EDITORIAL EXTERNO

Dr. Nelson M. Lopera Barrera. (**Brasil**)/nelson.peixegen@gmail.com / Universidade Estadual de Londrina

Dr. Juan C. Castro. (**Perú**)/juan.castro@unapikitos.edu.pe / Universidad Nacional de la Amazonia Peruana

MSc. Victor Mario García Mora. (**Ecuador**)/victor.garcia@epoch.edu.ec / Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH)

Dr. José Homero Vargas López. (**Ecuador**)/jh.vargas@uta.edu.ec / Universidad Técnica de Ambato (UTA)

Dr. Eusebio Ariza garcía. (**Ecuador**)/eariza@yachaytech.edu.ec / Universidad de Investigación de Tecnología Experimental Yachay

Dr. Johnny Bullón (**Venezuela**)/jbullontorr@gmail.com / Universidad de los Andes (ULA)

Dra. Corina Campos (**Ecuador**)/campossc@gmail.com / Universidad Regional Amazónica (IKIAM)

Dr. Oswaldo José Guzmán (**Ecuador**)/oswaldojoseguzman@gmail.com / Universidad Regional Amazónica (IKIAM)

Dra. Yolanda Marina Vargas Rodríguez (**México**)/ymvargas@unam.mx / Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)

Dr. Enrique Macías Virgós (**España**)/quique.macias@usc.es / Director del Departamento de Matemáticas. Universidad de Santiago de Compostela



MSc. Romualdo S. Silva Jr. (**Brasil**)/romu.fisica@gmail.com / Departamento de Física. Universidad Federal de Sergipe

Dr. Gustavo Javier Chacón Rosales. (**Brasil**)/gjchacon1976@gmail.com / Universidad Federal do Río Grande do Sul. Instituto de Química.

Dr. Tony Jesus Viloría Ávila. (**Ecuador**)/tviloría63@yahoo.es, tviloría@ups.edu.ec / Ingeniería Ambiental. Universidad Politécnica Salesiana

Dr. Alfredo Manuel Del Castillo Serpa. (**Cuba**)/acastillo@cemat.cujae.edu.cu / Universidad de Camagüey (Cuba)

Dra. Marinela Nazareth Colina Rincón. (**Venezuela**)/colinamarinela@gmail.com / Facultad Experimental de Ciencias. Universidad del Zulia. Venezuela. Presidente de la empresa Innovación Ambiental Quitosano (INNOVAQUITO C.A)

Dra. Belgica B. Bravo de Salcedo. (**Venezuela**)/marinelacolina@gmail.com / Facultad Experimental de Ciencias. Universidad del Zulia

Dr. José Gerardo Ortega Fernández (**Venezuela**)/jgoft1970@gmail.com / Facultad Experimental de Ciencias. Universidad del Zulia

Dr. Ullrich Stahl. (**Ecuador**)/ustahl@uce.edu.ec / Facultad de Ingeniería Química. Universidad Central del Ecuador

Dr. Julio Marín. (**Venezuela**)/jmarin@fing.luz.edu.ve / Facultad de Ingeniería. Universidad del Zulia

Dr. Ever Darío Morales Avendaño. (**Ecuador**)/evermster@gmail.com / Facultad de Ciencias Naturales. Universidad de Guayaquil

Dra. Noroska Gabriela Salazar Mogollón. (**Ecuador**)/noroska.salazar@ikiam.edu.ec / Universidad Regional Amazónica. IKIAM

Dra. Nacarid del Valle Delgado Parra. (**Chile**)/nacadel@gmail.com / Universidad Andrés Bello. Facultad de Ingeniería

MSc. Manuel S. Álvarez Alvarado. (**Ecuador**)/manuel.alvarez.alvarado@ieee.org, manuel.alvarez.alvarado@gmail.com / Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación (FIEC). Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL)

Dr. Raúl Rodríguez Herrera. (**México**)/rrh961@hotmail.com / Facultad de Ciencias Químicas. Universidad Autónoma de Coahuila

Dra. María Natividad Berradre Ramos. (**Venezuela**)/marinaty@gmail.com / Laboratorio de Alimentos, Departamento de Química, Facultad Experimental de Ciencias. Universidad del Zulia



Dr. Jesús Gabalán Coello. (**Colombia**)/jgalaban@uao.edu.co / Facultad de Ingeniería. Universidad Autónoma de Occidente

Dr. Saba Rafael Infante. (**Ecuador**)/Sinfante64@gmail.com / Universidad de Investigación de Tecnología Experimental Yachay

Dra. Karelen Cristina Araujo Vargas. (**Venezuela**)/karelenaraujo@gmail.com / Universidad del Zulia (LUZ)

Dra. María Tera Varela Costa. (**Venezuela**)/mtvarela@usb.ve / Universidad Simón Bolívar (USB)

Dra. Viviana García Mir. (**Ecuador**)/vgarciamir@yahoo.es / Universidad Técnica de Machala

MSc. Kalina Fonseca Largo. (**Ecuador**)/kalina.fonseca@utc.edu.ec / Universidad Técnica de Cotopaxi (UTC)

Dra. Mercy Ilbay Yupa. (**Ecuador**)/merckyu@hotmail.com / Universidad Técnica de Cotopaxi (UTC)

Dra. Lauris Urribarrí. (**EEUU**)/laurisurribarri@gmail.com / Investigadora Independiente

Dra. Zoraida M. Sivoli Barrios. (**Ecuador**)/zoraida.sivoli@esPOCH.edu.ec / Escuela Superior Politécnica de Chimborazo

Dra. Marianela Luzardo Briceño. (**Colombia**)/manelubri@gmail.com / Pontifical Bolivarian University. Faculty of Industrial Engineering

Dr. Franklin José Camacho. (**Ecuador**)/cfranklinj@gmail.com / Universidad de Investigación de Tecnología Experimental Yachay

Dr. Yonathan Parra. (**Ecuador**)/ydparra@uce.edu.ec / Facultad de Ingeniería en Geología, Minas Petróleos y Ambiental (FIGEMPA). Universidad Central del Ecuador

Dr. Luis Fernando Mejias. (**Ecuador**)/fmejias.ula@gmail.com/lfmejias@espol.edu.ec / Escuela superior Politécnica del Litoral (ESPOL)

Dr. Edgar Fabián Espitia Sarmiento. (**Ecuador**)/edgar.espitia@ikiam.edu.ec / Universidad Regional Amazónica (IKIAM)

Dr. Ernesto Mora Queipo. (**Venezuela**)/emoraqueipo@gmail.com / Universidad del Zulia (LUZ)

MSc. Juan Sebastian Acero Triana. (**EEUU**)/jsa2@illinois.edu / University of Illinois

Dr. Galo B. Montenegro Córdova. (**Ecuador**)/gmontenegro@esPOCH.edu.ec / Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH)

Dr. Juan Carlos Osorio López. (**Ecuador**)/osoriojuanc@gmail.com / Pontificia Universidad Católica del Ecuador (PUCE)



Dra. Marta Beatriz Infante Abreu. (**Cuba**)/martica840527@gmail.com / Universidad Tecnológica de la Habana José Antonio Echeverría (CUJAE)

Dr. Daniel Nuñez López. (**Colombia**)/dnunez@ugr.es / Pontificia Universidad Javeriana. Seccional Cali (PUJ)

Dr. Víctor Alberto Granadillo Morán (**Venezuela**)/vgranadillo@gmail.com / Universidad del Zulia (LUZ)

Dr. Carlos Daniel Ayala Montilla (**Venezuela**)/carlosdaniel55@gmail.com / Universidad de los Andes (ULA)

Dr. Víctor Cerdà Martín (**España**)/victorcerdamartin@gmail.com / Universitat de les Illes Balears

Dr. Alexis José Zambrano García (**Venezuela**)/alexiszve@gmail.com / Universidad de los Andes (ULA)

Dr. Argenis Montilla Pacheco (**Ecuador**)/argenismontillap@gmail.com / Universidad Layca Eloy Alfaro de Manabí (ULEAM)

Dra. Brightdoom Márquez de García (**Venezuela**)/bmarquez2001@gmail.com / Universidad de Oriente (UDO)

Dr. López González Wilmer Orlando (**Venezuela**)/lgwilmer@yahoo.com / Universidad de los Andes (ULA)

Dra. Zenaida Castillo (**Ecuador**)/zcastillo@yachaytech.edu.ec / Universidad de Investigación de Tecnología Experimental Yachay

Dr. Ernesto Antonio Ponsot Balaguer (**Ecuador**)/ernesto.pb@gmail.com / Universidad de Investigación de Tecnología Experimental Yachay

Dr. Isidro Rafael Amaro M. (**Ecuador**)/iamaro@yachaytech.edu.ec / Universidad de Investigación de Tecnología Experimental Yachay

Dr. Ebner Alexander Pineda Mogollón (**Ecuador**)/ebner.pineda@gmail.com / Escuela Politécnica del Litoral (ESPOL)

MSc. Francisco Javier Quiroz Chávez (**Ecuador**)/francisco.quiroz@epn.edu.ec / Escuela Politécnica Nacional (EPN)

MSc. Diego German Piccardo Silva (**Uruguay**)/dpiccardo@fagro.edu.uy / Universidad de la República. Facultad de Agronomía

Dr. Alexander López (**Ecuador**)/tula1971@gmail.com / Escuela Politécnica del Litoral (ESPOL)



Dra. Esther Desireé Gutiérrez Moreno (**Venezuela**)/sterguti@gmail.com / Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas (IVIC)

Dr. David Lanza escobedo (**España**)/david.lanza@udima.es / Universidad a Distancia de Madrid (UDIMA)

Dr. Rubén E. Cadenas Martínez (**Ecuador**)/ruben.cadenas@unesum.edu.ec / Universidad Estatal del Sur de Manabí (UNESUM)

Dr. Ruly Teran Hilares (**Perú**)/rteran@ucsm.edu.ec / Universidad Católica de Santa María (UCSM)

Dr. Luis Orlando Castellanos Pérez (**Cuba**)/locp@uho.edu.cu / Universidad de Holguín (Cuba)

Dr. Rafael Mauro Ávila-Ávila (**Cuba**)/ravilaa62@gmail.com / Universidad de Holguín (Cuba)

Dr. Jhonny Saulo Alberto Villafuerte Holguin (**Ecuador**)/jhonny.villafuerte@gmail.com / Universidad Layca eloy Alfaro de Manabí (ULEAM)

MSc. Gustavo Hincapié Jaramillo (**Colombia**)/gustavo.hincapie@ucaldas.edu.co / Universidad de Caldas

MSc. Richard Pérez Roa (**Venezuela**)/rperez1984@gmail.com / Universidad Central de Venezuela (UCV)

## Asesor de Gestión e Imagen

Dr. Ulises Mestre. (**Cuba**)/umestre@utm.edu.ec / Universidad de las Tunas, Las Tunas (Cuba)

Los Miembros del comité editorial interno y externo actúan como pares revisores de los trabajos por el sistema doble ciego.