



Septiembre - Diciembre 2019

ISSN 2588-0764

Vol. 4 Num.

3



PUBLICADO: 2019-12-31

latindex



Índice

Geociencias

1

Geomorfología y Sedimentología del sector medio del valle de pueblo llano, Andes de Mérida, Venezuela

Oswaldo Guzman, Corina Campos, Merlus Ruiz, Isandra Angel, Riccardo Vassallo, Nataly Aranda

Ciencias Matemáticas

19

Sobre sucesiones de Sidon

Adrian Infante

Ciencias Químicas

41

Water quality of the wastewater treatment plant of the city of Jipijapa, Ecuador

Rubén Cadenas Martínez, Margarita Lino, Víctor Briones, Miguel Osejos

55

Evaluación nutricional y fisicoquímica del queso amasado fabricado en la provincia del Carchi, Ecuador

Miguel Angel Anchundia Lucas, Christiam Jácome, Francisco Domínguez, Freddy Torres

67

Efecto de la humedad de alimentación y temperatura de extrusión sobre el contenido nutricional de un snack a base de maíz, chocho y papa

Luis Armando Manosalvas Quiroz, Clara Elena Villacrés, Richard Taimal

81

Guía de autores

92

Créditos

GEOMORFOLOGÍA Y SEDIMENTOLOGÍA DEL SECTOR MEDIO DEL VALLE DE PUEBLO LLANO, ANDES DE MÉRIDA, VENEZUELA

Dr. Oswaldo Guzmán^{1,2*}, Dra. Corina Campos³, Ing. Merlus Ruiz¹, Dra. Isandra Angel¹, Dr. Riccardo Vassallo⁴, Dra. Nataly Aranda⁵

¹Universidad Simón Bolívar. Departamento de Ciencias de La Tierra. Caracas, Venezuela.

²Frelance Consulting.

³Grupo de Investigación en Ciencias de la Tierra, Clima y Sociedad. Universidad Regional Amazónica – Ikiam. Tena, Ecuador.

⁴ISTerre – Université de Savoie Mont-Blanc. Bourget du Lac, Francia.

⁵Instituto de Astronomía, Geofísica e Ciencias Atmosféricas, Universidad de São Paulo.

*Autor para correspondencia: oswaldojoseguzman@gmail.com

Recibido: 17-07-2019 / Aceptado: 04-10-2019 / Publicación: 31-12-2019

Editor Académico: Dr. Bryan G. Valencia

RESUMEN

Un análisis geomorfológico y sedimentológico fue realizado en el sector medio del Valle de Pueblo Llano con la finalidad de comprender la génesis de los sedimentos y geoformas cuaternarias presentes en el área. Cuatro sectores con características morfológicas y sedimentológicas distintivas fueron identificados: (i) depósitos en masa de flujos de detritos con una expresión superficial cónica interpretados como abanicos aluviales, (ii) depósitos de flujos unidimensionales que constituyen terrenos relativamente planos con bajas pendientes característicos de terrazas fluviales, (iii) depósitos de diamictos que constituyen un conjunto de lomos y depresiones en forma de arco asociados a un complejo de morrenas frontales, y (iv) depósitos de flujos unidimensionales que conforman terrenos con forma de lomos asimétricos, asociados a condiciones fluvio-glaciares. Estos resultados ponen en evidencia que los glaciares asociados a la Glaciación Mérida en el Valle de Pueblo Llano, alcanzaron elevaciones al menos 300 m más bajas que las reportadas previamente en la literatura para los Andes de Mérida. Además, sugieren que otros valles glaciares presentes en los Andes de Mérida pudieron haber experimentado fenómenos similares.

Palabras clave: Andes de Mérida, Geomorfología y Sedimentología, Morrenas, Glaciación Mérida, Pueblo Llano.

GEOMORPHOLOGY AND SEDIMENTOLOGY IN THE MIDDLE REACH OF THE PUEBLO LLANO VALLEY, MÉRIDA ANDES, VENEZUELA

ABSTRACT

A geomorphological and sedimentological analysis was carried out in the Middle reach of the Pueblo Llano Valley to understand sediment genesis and quaternary geoforms present in the area. Four zones with distinctive morphological and sedimentological characteristics were identified: (i) mass deposits of debris flow with a cone-shaped surface interpreted as alluvial fans, (ii) unidirectional flow deposits with relatively flat topography, with little slope, characteristic of fluvial terraces, (iii) arc-shaped diamict deposits that constitute a set of crests and valleys, associated to a complex of frontal moraines, and (iv) unidirectional flow deposits that form terrains with the shape of asymmetric ridges, associated to a

fluvio-glacial conditions. These results show that the glaciers of the Mérida Glaciation in the Pueblo Llano Valley reached elevations of at least 500 m lower than those previously reported in the literature for the Mérida Andes. In addition, they suggest that other glacial valleys present in the Andes of Mérida might have experienced similar phenomena.

Key words: Mérida Andes, Geomorphology and Sedimentology, Moraine complex, Mérida Glaciation, Pueblo Llano.

GEOMORFOLOGIA E SEDIMENTOLOGIA DO SETOR MÉDIO DO VALLE DE PUEBLO LLANO, ANDES DE MÉRIDA, VENEZUELA

RESUMO

Uma análise geomorfológica e sedimentológica combinada foi realizada no setor médio do Valle de Pueblo Llano, a fim de compreender a gênese dos sedimentos e geoformas quaternárias presentes na área. Foram identificadas quatro áreas com características morfológicas e sedimentológicas distintas: (i) depósitos fluxo de massa de detritos com expressão de superfície cônica interpretada como cone aluviais, (ii) depósitos de fluxo unidimensional que constituem terrenos relativamente plano com baixa declividade, característicos de terraços aluviais, (iii) depósitos de diamicton que constituem um conjunto de cristas e depressões em forma de arco associadas a um complexo de morenas frontais, e (iv) depósitos de fluxo unidimensionais que formam terrenos com cristas assimétricas associadas a condições fluvio-glaciais. Estes resultados mostram que os glaciares da Glaciação Mérida no Valle de Pueblo Llano atingiram elevações de pelo menos 300 m mais baixas do que as anteriormente relatadas na literatura para os Andes de Mérida. Além disso, eles sugerem que outros vales glaciais presentes nos Andes de Mérida podem ter experimentado fenômenos semelhantes.

Palavras-chave: Andes de Mérida, Geomorfologia e Sedimentologia, Morrenas, Glaciação Mérida, Pueblo Llano.

Citación sugerida: Guzmán, O., Campos, C., Ruiz, M., Angel, I., Vassallo, R., Aranda, N., (2019). Geomorfología y sedimentología del sector medio del valle de pueblo llano, andes de Mérida, Venezuela. Revista Bases de la Ciencia, 4(3), 1-18. DOI: https://doi.org/10.33936/rev_bas_de_la_ciencia.v4i3.1906 Recuperado de:

<https://revistas.utm.edu.ec/index.php/Basedelaciencia/article/view/1906>

Orcid IDs:

Oswaldo José Guzmán Gutierrez: <https://orcid.org/0000-0001-7326-1082>

Corina Campos Serrano: <https://orcid.org/0000-0002-2785-5469>

Bryan G. Valencia: <https://orcid.org/0000-0002-5970-4964>

1. INTRODUCCIÓN

Estudios geomorfológicos, sedimentológicos y geocronológicos a lo largo de los Andes de Mérida (**Figura 1**), han permitido documentar la existencia de dos principales complejos de sistemas de morrenas en la región (Schubert, 1970, 1984; Schubert y Valastro, 1980; Schubert y Vivas, 1993; Mahaney y Kalm, 1996; Mahaney *et al.*, 2000, 2001, 2010). El primero de estos sistemas está delimitado en un rango altitudinal entre los 2600 y 2800 metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m.), mientras que, el segundo, se ubica entre los 3000 y 3500 m.s.n.m. Estos complejos han sido asociados con los dos principales eventos glaciales de la Glaciación Mérida (Schubert, 1974). El complejo inferior es asociado a un período Temprano de la Glaciación Mérida, y se asume que su edad se encuentra entre 90 y 60 ka (mil años) (Mahaney *et al.*, 2001; Dirszowsky *et al.*, 2005; Kalm y Mahaney, 2011). El complejo de morrenas superior se asocia a la etapa Tardía de la Glaciación Mérida y su edad es establecida entre 24 y 13 ka (Schubert, 1974; Schubert y Valastro, 1980; Schubert y Clapperton, 1990; Mahaney y Kalm, 1996; Rull, 2005). No obstante, los resultados geomorfológicos y geocronológicos recientemente obtenidos por Guzmán (2013) y Angel (2016), evidencian que la historia glacial de los Andes de Mérida es más compleja que la tradicionalmente aceptada.

En el sector medio del Valle de Pueblo Llano (VPL), Bezada (1990), reconoce la presencia de la Morrena La Canoa a 2800 m s.n.m., la cual asocia al período Temprano de la Glaciación Mérida (**Figura 1b**). Sin embargo, Guzmán (2013) identifica pequeños lomos y depresiones constituidos por depósitos tipo diamicton, los cuales asocia a un complejo de morrenas frontales que alcanzan elevaciones mínimas de ~2300 m.s.n.m en el fondo del valle. Este último resultado sugiere que los glaciares de la Glaciación Mérida alcanzaron elevaciones menores a las reportadas previamente para el VPL. Por esta razón, en el presente trabajo se persigue comprender la génesis de los sedimentos y de las geoformas presentes en el sector medio del VPL, para determinar la posible expansión glaciar por debajo de los 2800 m.s.n.m en el VPL. El estudio se focalizara, en el fondo del valle, específicamente, sobre las geoformas que son hipotéticamente producto de la actividad glaciar y se utilizara un enfoque combinado sedimentológico-geomorfológico.

2. METODOLOGÍA

Los análisis sedimentológicos detallados fueron realizados en 14 localidades (**Figura 2**). En cada uno de ellas se analizaron las características texturales y composicionales del sedimento. Este análisis fue realizado en campo, mediante el uso de una piqueta de geólogo, una brújula tectónica, una navegador portátil (Garmin eTREX 20) una cinta métrica de 3 m, una lupa manual 10X y un juego de tamices de 4 piezas, cada pieza con diámetros de partículas diferentes (31, 250, 500 y 2000 μm).

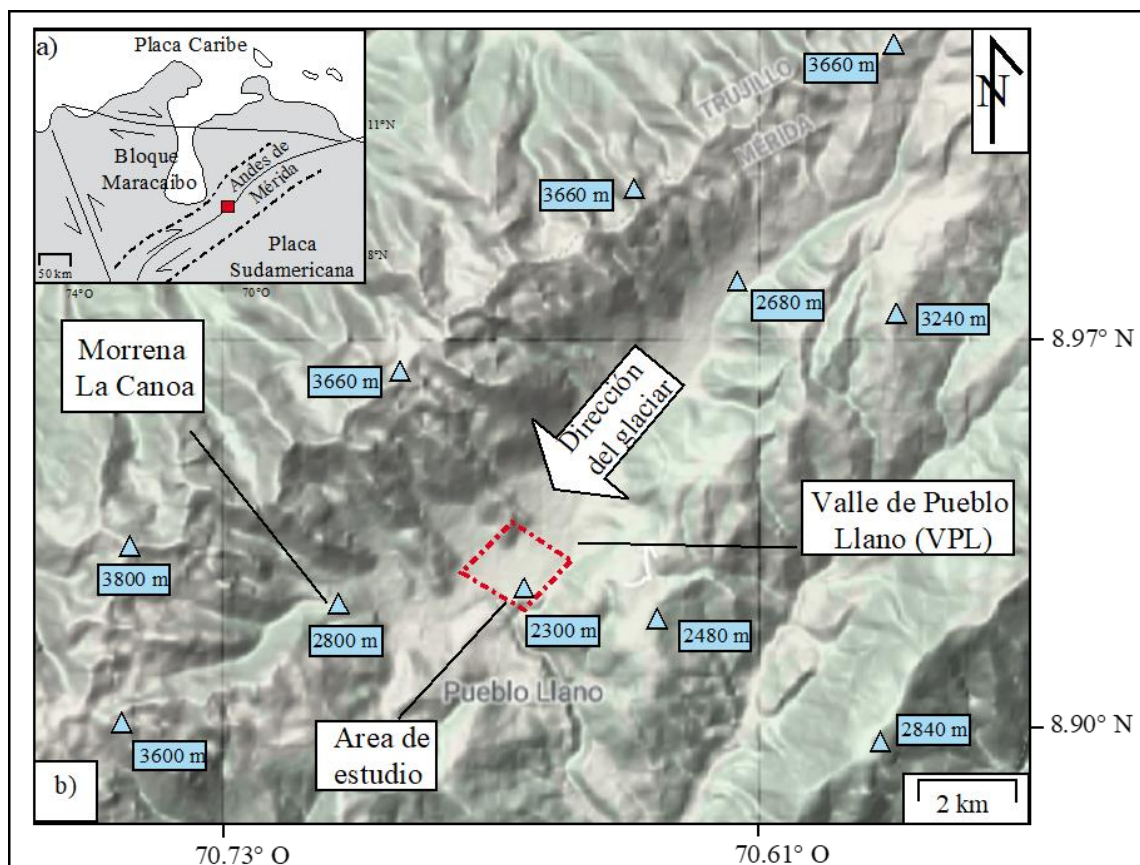


Figura 1. Ubicación regional del área de estudio. **a)** Marco geodinámico regional simplificado del Norte de Sur-América. La ubicación de la **figura 1b** es señalada con un rectángulo rojo. **b)** Mapa de relieve sombreado del sector medio del Valle de Pueblo Llano, basado en los datos de Google Maps 2019. El área de estudio (**Figura 2**) es señalada con un rectángulo rojo discontinuo. Elevaciones puntuales son señaladas con triángulos azules. La dirección propuesta para el glaciar que, originó las geoformas glaciares identificadas en el presente estudio a ~2300 m.s.n.m., es indicada con una flecha blanca. La morrena La Canoa identificada por Bezada (1990) también es indicada.

En primer lugar, cada localidad analizada fue georeferenciada con el uso del navegador portátil. Luego, tomando en consideración las características texturales macros de los sedimentos, se identificaron las unidades sedimentarias principales. Posteriormente, se procedió con la caracterización granulométrica detallada de los sedimentos. En las unidades con gravas y/o bloques, se midió las dimensiones, con la cinta métrica, de al menos 50 clastos. La matriz y las unidades de tamaño de grano arena o más fina, fueron caracterizadas mediante el uso del juego de tamices. En este caso, se tomaron al menos 3 muestras por unidad, cada muestra tuvo un volumen de ~250 gr. Las mismas fueron tamizadas y el porcentaje de cada fracción fue estimado de manera relativa. Es importante resaltar que, este análisis fue replicado en el laboratorio con la ayuda de una lupa binocular de 50X (Carl Zeiss) y una balanza digital de precisión (Blauscal), lo que permitió validar y completar los datos adquiridos en campo. Las fracciones granulométricas fueron clasificadas de acuerdo a la escala granulométrica de Udden-Wentworth (Udden, 1914; Wentworth, 1922). La redondez y esfericidad de todos los sedimentos fue establecida usando el gráfico de comparación visual de Petijhon *et al.* (1987). Por último, se describieron la geometría y fabrica de las unidades sedimentarias, así como las estructuras

sedimentarias presentes. En el caso de identificarse imbricaciones de clastos, se procedió a medir con la brújula tectónica, el rumbo del plano de imbricación de cada clasto.

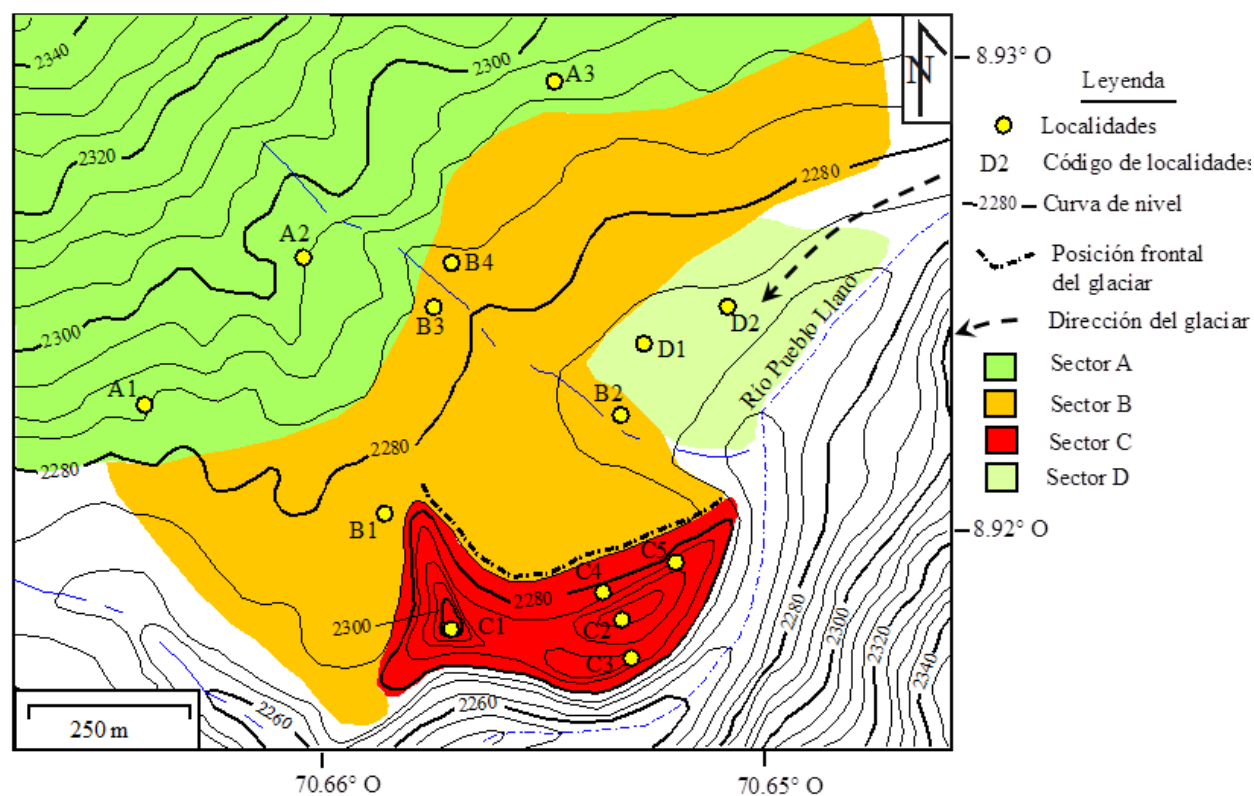


Figura 2. Mapa topográfico del área de estudio. Se indican los cuatro sectores con características sedimentológicas y geomorfológicas distintivas identificados en el presente estudio. La dirección de avance y la posición frontal del glaciar que dio origen al complejo de morrenas frontales son señaladas, con una flecha y línea negra discontinua, respectivamente.

La caracterización geomorfológica del área de estudio fue realizada mediante la integración, en un sistema de información geográfica, de observaciones realizadas en: imágenes satelitales, modelos de elevación digital de terreno (SRTM-30 m - Farr *et al.*, 2007), mapas topográficos y campo. Esta caracterización, fue realizada en diferentes: etapas y escalas. En primer término, se utilizaron las imágenes satelitales, los modelos de elevación digital y mapas topográficos, para identificar las morfologías regionales y locales del área de estudio. Posteriormente, las morfologías identificadas en el área de estudio, fueron validadas y completadas con observaciones de campo. Durante el trabajo de campo fue utilizado: i) la cinta métrica, para medir las diferencias altitudinales entre las formas del relieve, ii) la brújula tectónica, para caracterizar las pendientes del terreno y rumbos de crestas y, iii) el navegador portátil, para georeferenciar las observaciones adquiridas.

Finalmente, la integración de los datos sedimentológicos y geomorfológicos adquiridos en campo y laboratorio, permitieron clasificar el área de estudio en cuatro sectores, cada uno con rasgos sedimentológicos y topográficos distintivos (**Figuras 2, 3**).

3. MARCO GEOLÓGICO Y GLACIOLÓGICO

Contexto Geológico

Los Andes de Mérida constituyen un sistema montañoso asimétrico y de rumbo NE-SO, situado en la parte Norte de la placa Sudamericana (Colletta *et al.*, 1997), los cuales se extienden 400 km desde la frontera colombo-venezolana hasta el Sur de Barquisimeto (**Figura 1**). El origen de esta cadena montañosa se atribuye al resultado indirecto de una interacción compleja durante el Cenozoico entre las placas Sudamericana, Nazca y Caribe (Kellogg y Bonini, 1982; Pindell y Barrett, 1990; Audemard y Audemard, 2002; Bermúdez, 2009; Bermúdez *et al.*, 2011), y la rotación y traslación del bloque continental de Maracaibo (Alemán y Ramos, 2000; Taboada *et al.*, 2000; Audemard y Audemard, 2002).

Sedimentos cuaternarios asociados a ambientes aluviales y glaciares, objetos del presente estudio, han sido reconocidos en diversas localidades de los Andes de Mérida (Tricart y Millies-Lacroix, 1962; Schubert, 1970, 1984; Schubert y Vivas, 1993; Angel, 2016). Los depósitos aluviales son reconocidos en las partes altas de los Andes de Mérida (Tricart y Michel, 1965; Schubert y Vivas, 1993; Guzmán, 2013) y en los flancos de la montaña (Tricart y Millies-Lacroix, 1962; Zinck y Stagno, 1966; Guzmán *et al.*, 2013). Estos depósitos presentan edades que varían entre 200 y 2 ka (Schubert y Vivas, 1993; Wesnousky *et al.*, 2012; Guzmán *et al.*, 2013). Los depósitos glaciares han sido identificados solo en la parte alta del sistema montañoso y presentan edades que varían entre 90 y 13 ka (Schubert, 1974, 1976; Schubert y Clapperton, 1990; Schubert y Vivas, 1993; Mahaney y Kalm, 1996; Kalm y Mahaney, 2011).

El área de estudio de este trabajo se ubica en la parte central de los Andes de Mérida, específicamente en el fondo del valle del sector medio del VPL (**Figuras 1, 2**). En el sector norte del área de estudio, Bezada (1990) identifica potentes acumulaciones glacio-torrenciales o aluviales en forma de conos y postula que, los mismos se expanden hasta el sur del área de estudio. Schubert y Vivas (1993) indican que, los sedimentos torrenciales pueden estar cubiertos por sedimentos fluviales jóvenes en ciertos sectores. Hacia el sector sur del área de estudio, Guzmán (2013) interpreta un complejo de morrenas frontales, producto de glaciares que descendieron desde el Noreste hacia el Suroeste, a través del VPL. Ninguna edad numérica es reportada para estos depósitos.

Contexto Glaciológico

Schubert y Vivas (1993), postulan que los Andes de Mérida alcanzaron elevaciones similares a las de hoy en día al final del Terciario y por lo tanto debieron haber estado expuestos a las glaciaciones del

Cuaternario. Geoformas (circos y morrenas) y depósitos glaciares (till y bloques erráticos) reconocidos en las partes altas de los Andes de Mérida fueron la base para definir la Glaciación Mérida (Schubert, 1974, 1976). Esta glaciación es considerada la representación local de la última glaciación global o Glaciación Wisconsin, la cual se extendió desde ~115 hasta 11 ka (Nesje y Olaf Dehl, 2000).

Los depósitos asociados a la Glaciación Mérida, tradicionalmente agrupados en dos complejos morrénicos, han sido usados para diferenciar una etapa Temprana de la Glaciación Mérida, durante la cual los glaciares alcanzaron altitudes entre 2600 y 2800 m s.n.m., de una etapa Tardía, cuando los glaciares alcanzaron altitudes entre 2800 y 3500 m s.n.m. (Schubert, 1974, 1976; Bezada, 1990; Mahaney y Kalm, 1996; Schubert y Clapperton, 1990). Los sedimentos de la etapa Temprana se presentan como remanentes dispersos con alto grado de meteorización y erosión. Su edad es pobremente conocida, aunque es asumida como menor al MIS-5E (132 – 115 ka -Shackleton *et al.*, 2003) o aproximadamente entre 90 y 60 ka (Mahaney *et al.*, 2001; Dirszowsky *et al.*, 2005; Kalm y Mahaney, 2011). Los sedimentos de la etapa Tardía presentan una mejor preservación y su edad es establecida entre 24 y 13 ka, alcanzándose la máxima extensión glaciaria aproximadamente a 18 ka, la cual es correlacionada con el Último Máximo Glaciar Global (LGM – Clark *et al.*, 2009) (Schubert, 1974; Schubert y Valastro, 1980; Schubert y Clapperton, 1990; Mahaney y Kalm, 1996; Rull, 2005). Sedimentos asociados a etapa Tardía de la Glaciación Mérida, han sido identificados aproximadamente a 2 km al Oeste del área del presente estudio (Bezada *et al.*, 1990; Mahaney *et al.*, 2000; Angel, 2016) (**Figuras 1, 2**).

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracterización Morfológica y Sedimentológica

La zona de estudio se dividió en cuatro sectores (**Figura 3**). Las características morfológicas y sedimentológicas de estos sectores son descritas a continuación:

Sector A: Se localiza al Noroeste del área de estudio, inmediatamente al Norte del Sector B. Comprende terrenos con elevaciones que varían entre 2340 y 2280 m.s.n.m. Este sector está caracterizado por terrenos relativamente planos e inclinados hacia el Sur que, presentan pendientes decrecientes de 10 a 5° y, una expresión superficial en conjunto de tipo cónica (**Figuras 2, 3**).

En este sector fueron analizadas sedimentológicamente 3 localidades (A1, A2 y A3 - **Figuras 2, 3**). En estas, se observan depósitos constituidos por gravas soportadas por una matriz arenosa, con espesores que varían entre 50 y 200 cm. Los clastos se encuentran flotando dentro de la matriz, son subredondeados a subangulosos y presentan un mal escogimiento, variando entre 2 cm y 100 cm de diámetro (**Figura 4**). Ocasionalmente el porcentaje de clastos puede aumentar. En una localidad (A2),

una capa de arena masiva de grano grueso, la cual contiene lentes microconglomeraticos, se encuentra intercalada dentro de las gravas.

SSO

NNE

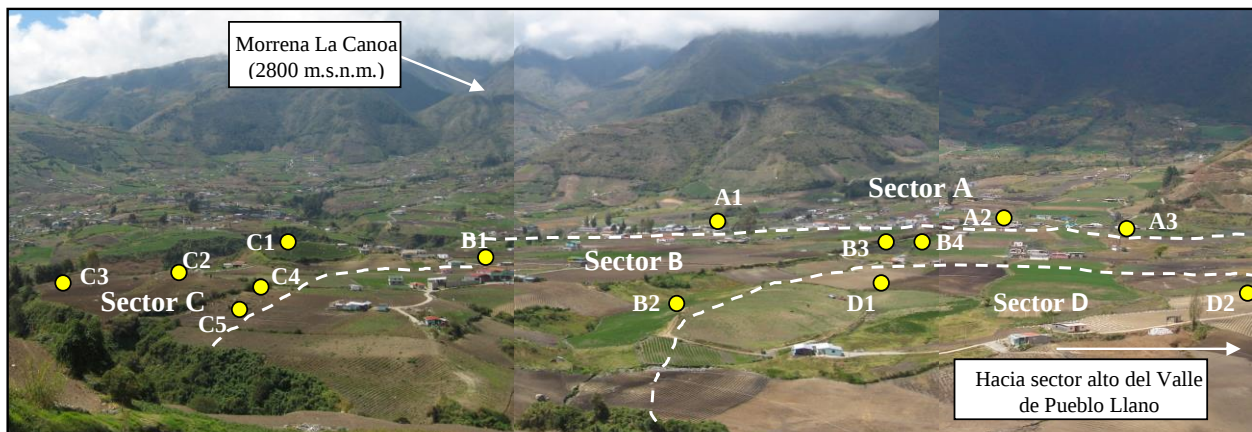


Figura 3. Vista panorámica del área de estudio. Cuatro sectores con morfologías distintivas son delimitadas: Sector A, constituido por terrenos planos con alta pendiente; Sector B, terrenos planos de baja pendiente; Sector C, lomos y depresiones en la zona frontal, con elevaciones de hasta 15 m mayores al fondo del valle identificable en la Sector B y D; Sector D, lomos asimétricos presentes en el fondo del valle. Los círculos amarillos con su código de identificación indican la ubicación de las localidades analizadas sedimentológicamente en detalle.

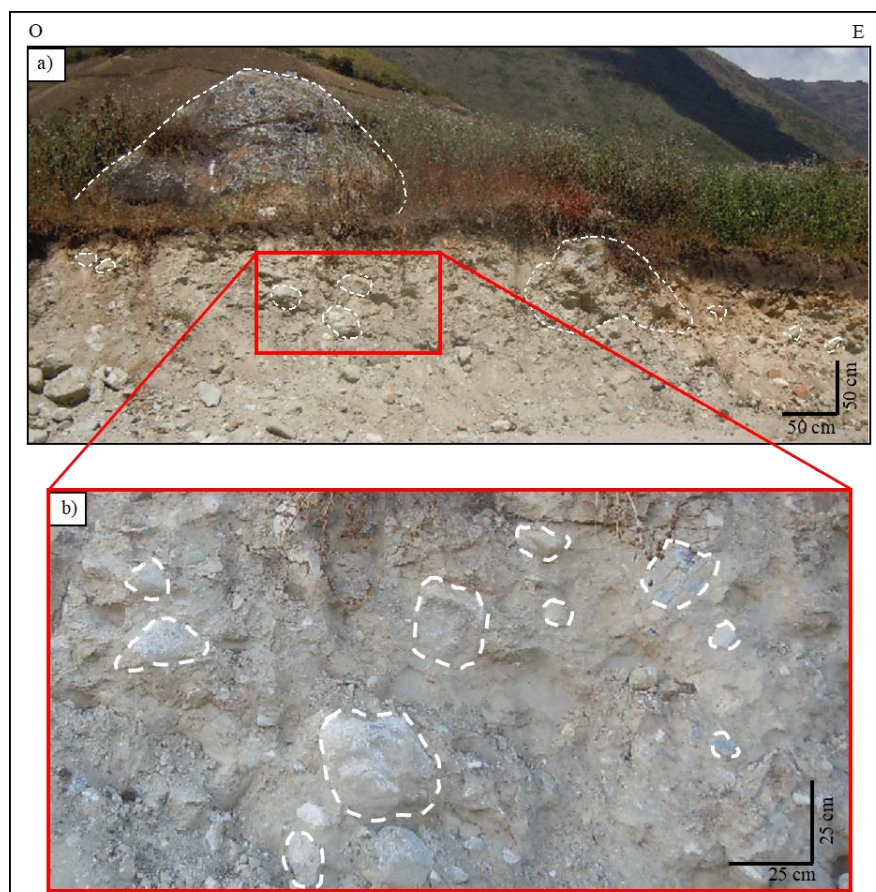


Figura 4. Fotografías del relleno sedimentario observado en la localidad A3 del Sector A. a) Depósito caótico sin estructuras sedimentarias, constituido por bloques centimétricos a métricos, subangulares a subredondeados, flotando dentro de una matriz arenosa. La posición de la **figura 3b** es mostrada con un rectángulo rojo. b) Detalle de los bloques flotando dentro de la matriz arenosa. En ambas figuras, la geometría de algunos bloques es resaltada con líneas blancas discontinuas.

Sector B: Se localiza en la parte central del área de estudio, inmediatamente al Sur del Sector A. Se caracteriza por presentar una topografía que varía entre 2293 y 2275 m.s.n.m. y, se extiende, preferencialmente desde el Noreste hacia el Suroeste. El relieve es principalmente plano, con una pendiente de $\sim 3^\circ$ hacia el Sur-Suroeste (**Figuras 2, 3**).

En este sector se estudiaron 4 localidades (B1, B2, B3 y B4 - **Figuras 2, 3**). En ellas se pueden observar capas de gravas soportadas por clastos con una matriz arenosa, intercaladas con capas de arena que varían de grano fino a grueso. Las capas de gravas presentan espesores que varían entre 25 y 100 cm; generalmente muestran bases erosivas, geometría acanalada e imbricación de clastos (**Figura 5**). Un total de 163 planos de imbricación medidos, en las localidades B2, B3 y B4, muestran una orientación preferencial entre 298° y 328° . Los clastos son subredondeados a subangulosos, mal escogidos, con tamaños que varían entre 2 y 10 cm de diámetro. Por otra parte, las capas de arena presentan espesores que varían entre 16 a 300 cm, pueden mostrar laminación paralela y en algunos casos, contienen lentes microconglomeráticos y clastos aislados de hasta 10 cm de diámetro.

Sector C: Se localiza en la zona Sur del área de estudio, inmediatamente después del Sector B y al Oeste del Sector D (**Figuras 2, 3**). Comprende terrenos con elevaciones que varían entre 2275 y 2303 m.s.n.m. El sector presenta una morfología compleja conformada por una serie de lomos y depresiones entre ellos. Los lomos pueden alcanzar alturas hasta de 15 m con respecto al nivel de las depresiones (**Figura 6**). El conjunto de lomos y depresiones constituyen una expresión superficial en forma de arco y representan un relieve con mayor altura que el Sector B (~ 25 m). El lomo de mayor altura tiene su cresta orientada principalmente en dirección Norte-Noroeste a Sur-Sureste (semi-ortogonal al eje de las partes media y alta del VPL) y, una pendiente más fuerte en el flanco oriental.

En este sector se analizaron 5 localidades (C1, C2, C3, C4 y C5 - **Figuras 2, 3**). En ellas se observan depósitos de diamicton constituidos por bloques angulares flotando en una matriz arenosa. Los bloques presentan un diámetro promedio de 150 cm y un máximo de 400 cm. Además, pueden sobresalir más de 100 cm sobre la superficie del terreno y pueden identificarse en las partes altas y bajas del sector (**Figura 6**).

Sector D: Se localiza en el Sureste del área de estudio, inmediatamente después del Sector B y, al Este del Sector C (**Figuras 2, 3**). Comprende terrenos con elevaciones que varían entre 2280 y 2265 m.s.n.m. Esta caracterizado por presentar lomos asimétricos, con desniveles de altura de 2 a 3 m. Los lomos presentan planos axiales orientados en dirección Norte-Noreste a Sur-Suroeste (paralelos al eje del sector medio y alto del VPL y, semi-ortogonales a la cresta del lomo más alto identificado en el Sector C) y, tienen mayor pendiente en sus flancos occidentales (**Figura 7**).

En esta área se estudiaron 2 localidades (B1 y B2 - **Figuras 2, 3**). En ellas se pueden observar capas de gravas soportadas por clastos, intercaladas con capas de arenas que varían de grano medio a grueso. Las capas de gravas presentan espesores que varían entre 30 y 50 cm y, bases erosivas. Los clastos son angulares a muy angulares, mal escogidos, con tamaños que varían entre 0,5 cm y 6 cm de diámetro (**Figura 7**). Por otro lado, las capas de arenas presentan espesores que varían entre 25 a 40 cm, son masivas y, ocasionalmente, contienen trazas de carbón.

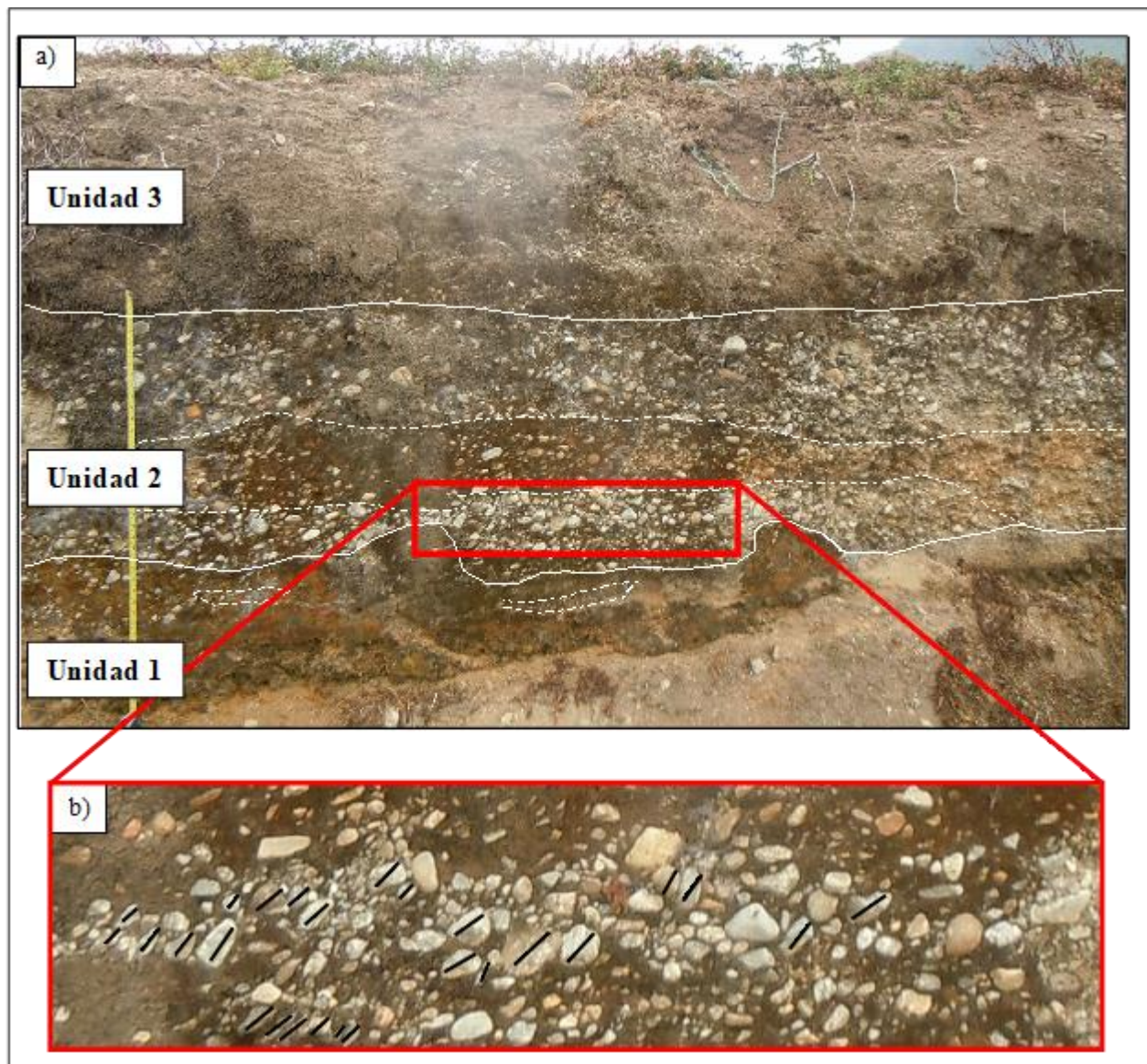


Figura 5. Fotografías del relleno sedimentario observado en la localidad B2 del Sector B. a) Depósito estratificado constituido por tres unidades principales. Los límites entre ellas son definidos por líneas blancas continuas. Las unidades 1 y 3 están compuestas de arena de grano medio a grueso y, presentan escasos lentes centimétricos de material microconglomerático. La unidad 2, contiene varios ciclos de gravas con bases erosivas y, algunas de ellas, presentan geometría acanalada. La posición de la **figura 4b** es mostrada con un rectángulo rojo. b) Detalle de clastos imbricados presentes en uno de los cuerpos de gravas con geometría acanalada. Algunos planos de imbricación son señalados con líneas negras continuas.

Génesis de los depósitos y geoformas

Con base en las características morfológicas y sedimentológicas de los cuatro sectores identificados en el área de estudio, se interpretaron los principales procesos sedimentarios y morfogenéticos que dieron origen a los depósitos y geoformas presentes en el sector medio del VPL. A continuación, se discute la génesis propuesta para cada una de los sectores.

Las áreas planas presentes en el Sector A constituidas por depósitos de gravas matriz soportadas, carentes de estructuras sedimentarias que, en ocasiones, pueden presentar bloques subredondeados hasta de 400 cm de diámetro, indican un proceso depositacional caótico, el cual puede ser interpretado como depósitos en masa de flujos de detritos (**Figura 4**). Estas áreas planas presentan una expresión superficial cónica, con una pendiente que varía desde los 10° hacia el ápice hasta los 5° en la zona frontal. Esta morfología, en conjunto con el proceso sedimentario propuesto, permiten interpretar que el Sector A corresponde a un área de abanicos aluviales, los cuales tienen su nacimiento al Norte del área de estudio (**Figuras 2, 3**).

La presencia de clastos imbricados en las gravas presentes en el Sector B, son la evidencia de depósitos de flujos unidireccionales de corriente, la cual se orientaría perpendicular a los planos de imbricación, es decir $210^\circ \pm 10^\circ$ (**Figura 5**). Adicionalmente, la geometría acanalada de las capas de gravas y su base erosiva, permiten proponer una depositación en ambiente fluvial para estos depósitos, cuyos materiales fueron depositados por una paleocorriente con orientación muy similar al río actual. Morfológicamente el sector presenta terrenos planos y de bajas pendientes ($\sim 3^\circ$), lo que permite interpretar que el Sector B corresponde a una terraza fluvial (**Figuras 2, 3**).

El Sector C está constituido principalmente por depósitos de diamictos los cuales son característicos de procesos de transporte y depositación caótica. La asociación de estos depósitos con un sistema de abanicos aluviales, como es propuesta por Bezada (1990), es descartada, debido a: i) el área se encuentra al Sur de la fuentes de los abanicos presentes en el Sector A y, separada de la misma, por depósitos que constituyen terrazas fluviales en el Sector B (**Figuras 2, 3**); ii) ausencia de morfologías cónicas en la ladera Sur del VPL (**Figura 1b**); iii) los depósitos se encuentra en una zona topográficamente más elevada que el Sector B (**Figuras 2**); iv) el tamaño de los bloques es mayor que aquellos presentes en el Sector A. Por otro lado, la expresión morfológica de estos depósitos, en forma de arco con abertura hacia el sector alto del VPL y, su relación lateral con los depósitos fluvio-glaciares del Sector D (discutidos abajo), permiten proponer que estos sedimentos fueron transportados y depositados por masas de hielo que provenían de la parte alta del VPL, con dirección Noreste hacia el Suroeste y, por lo tanto, los mismos constituyen un complejo de morrenas frontales o terminales.

Finalmente, las capas de gravas con bases erosivas y clastos angulares a sub-angulares que, se encuentran intercaladas con capas de arenas masivas de tamaño de grano medio a grueso, presentes en el Sector D (**Figura 7**), son evidencias de procesos de tracción y decantación a partir de flujos unidireccionales. Estos procesos pudieron haber ocurrido en un ambiente fluvial, sin embargo, la angularidad de los clastos y la expresión morfológica en forma de lomos asimétricos con planos axiales semi-ortogonales a la cresta del lomo más alto identificado en el Sector C, sugieren un origen fluvio-glaciario para estos depósitos.

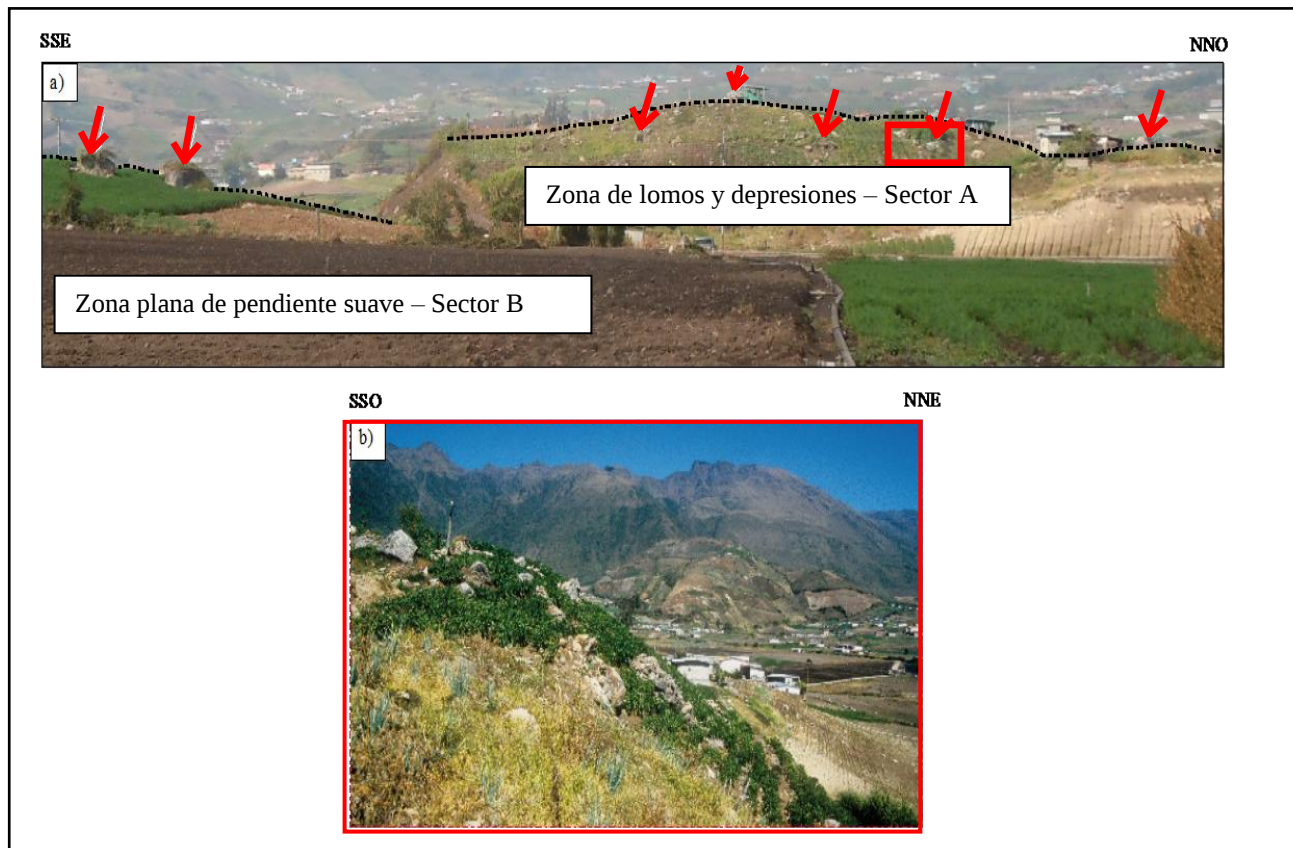


Figura 6. Fotografías del Sector C. a) Imagen panorámica de lomos y depresiones en los alrededores de la localidad C1. Las crestas de los lomos son identificadas con líneas negras. Las mismas están constituidas por depósitos caóticos de bloques métricos a plurimétricos, algunos de los cuales se encuentran expuestos en superficie y, son señalados con flechas rojas. También se puede apreciar en primer plano de la imagen, la expresión morfológica del Sector B. La posición relativa de la imagen de la **figura 6b** (aunque con ángulo de toma diferente) es mostrada con un rectángulo rojo. b) Detalle del material expuesto en superficie en una de las crestas en la localidad C1.

Depósitos glaciares del VPL y Glaciación Mérida

La presencia de un complejo de morrenas frontales en el sector medio del VPL a una altitud de ~2300 m.s.n.m., como lo señala Guzmán (2013), es evidente en la zona Sur del área de estudio. No obstante, no es la única evidencia glaciario presente en la zona. De hecho, hacia el Este del área estudiada, se identificaron depósitos de origen fluvio-glaciares. Ambas evidencias demuestran que, el VPL estuvo expuesto a actividad glaciario, hasta al menos una altitud de ~2300 m.s.n.m. Adicionalmente, la geometría

del complejo de morrenas frontales y de los sedimentos fluvio-glaciares, permiten proponer que, el glaciar que dio origen a estos depósitos, provenía de la parte alta del VPL, desplazándose con dirección Noreste hacia el Suroeste (**Figuras 2, 3**).

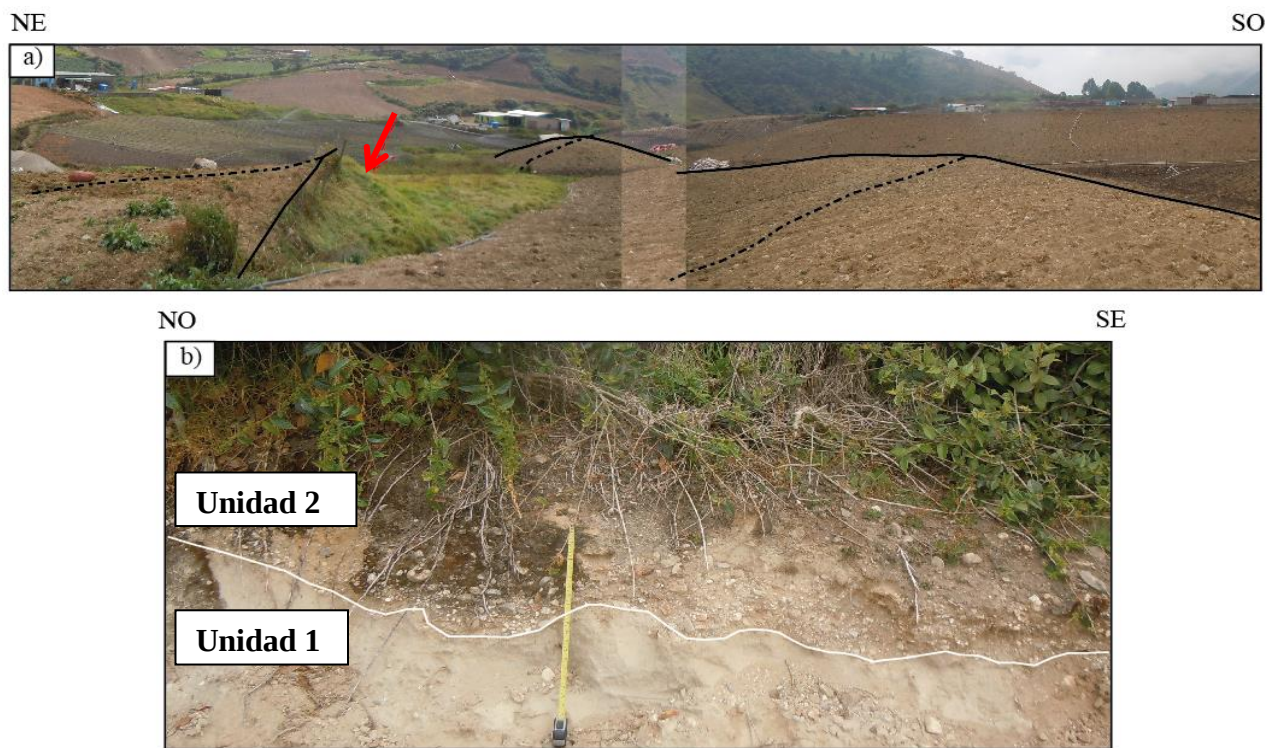


Figura 7. Fotografías del Sector D. a) Imagen panorámica de los lomos asimétricos en los alrededores de la localidad D1. Obsérvese la altura (2-3 m) de los lomos. Las líneas negras continuas señalan los flancos de dichos lomos; mientras que las líneas de crestas son indicadas con líneas negras discontinuas. Las crestas tienen una orientación promedio Noreste – Suroeste, la cual es la misma del VPL. Además, las líneas de crestas son semi-ortogonales al arco formado por el complejo de morrenas frontales. La ubicación de la fotografía de la **figura 7b**, es señalada con una flecha roja. d) Detalle del relleno sedimentario presente en los lomos asimétricos de la localidad D1. El depósito estratificado presenta al menos dos unidades. La unidad 1 está compuesta de arena de tamaño de grano medio a grueso, con incipiente laminación paralela. La unidad 2 está compuesta por gravas de base erosiva, donde resalta la angularidad de los clastos.

En los alrededores del área de estudio, depósitos glaciares ubicados a una altura de 2800 m.s.n.m., en la Morrena La Canoa, han sido asociados a la etapa Temprana de la Glaciación Mérida. (Bezada, 1990; Mahaney et al., 2000, Angel, 2016). Este hecho, permite sugerir que los depósitos glaciares identificados en este estudio, muy probablemente también fueron originados durante la Glaciación Mérida. Por lo que, los resultados obtenidos en el presente trabajo, demuestran que la expansión de la Glaciación Mérida, fue al menos 500 m más abajo que la reportada previamente en el VPL y 300 m más abajo que la aceptada tradicionalmente para los Andes de Mérida (Schubert, 1974, 1976; Bezada, 1990; Schubert y Vivas, 1993; Mahaney y Kalm, 1996; Mahaney et al., 2000, 2010). De hecho estos resultados sugieren que, probablemente los otros valles glaciares ubicados en Andes de Mérida,

podieron haber estado expuesto a fenómenos similares y por lo tanto denotan la necesidad de una revisión detallada de la cronología glaciaria en los otros valles.

La ausencia de dataciones numéricas de los sedimentos presentes en el área de estudio dificulta el establecimiento de un contexto geocronológico para los depósitos glaciares identificados. Sin embargo, tomando solo en consideración la altura alcanzada por el complejo de morrenas frontales identificado en el presente estudio (~2300 m.s.n.m.), este parece tener mayor grado de correlación con el complejo de morrenas de la etapa Temprana de la Glaciación Mérida (localizado entre 2600 -2800 m s.n.m.) que con el complejo de morrenas de la etapa Tardía de la Glaciación Mérida (localizado entre 2800 -3500 m s.n.m.) (Schubert, 1974, 1976; Schubert y Valastro, 1980; Bezada, 1990; Schubert y Vivas, 1993; Mahaney y Kalm, 1996; Mahaney *et al.*, 2000, 2010). Adicionalmente, los depósitos y formas glaciares asociados a la etapa Temprana de la Glaciación Mérida, presentan una menor preservación que dificulta su identificación, como pareciera ser el caso de aquellos estudiados en el presente trabajo (Schubert y Valastro, 1980; Schubert y Vivas, 1993). Esta correlación pareciera indicar una edad entre 90 y 60 ka para los sedimentos glaciares identificados en el presente estudio, tal como ha sido postulado para la etapa Temprana de la Glaciación Mérida (Mahaney *et al.*, 2001; Dirszowsky *et al.*, 2005; Kalm y Mahaney, 2011). En todo caso, estas correlaciones basadas solo en criterios topográficos y de preservación contienen una alta incertidumbre y se hace necesaria la obtención de edades numéricas, para establecer un contexto geocronológico más preciso, de los depósitos glaciares identificados en el área estudiada.

5. CONCLUSIONES

Los análisis sedimentológicos de los depósitos cuaternarios presentes en el sector medio del Valle de Pueblo Llano, han permitido la identificación de procesos de transporte y depositación tales como: i) flujos de detritos y depositación en masa, ii) flujos unidimensionales y tracción -decantación de sedimentos, y iii) transporte y depositación por masas glaciares. La integración de estos procesos con la expresión geomorfológica de los depósitos, ha permitido identificar y diferenciar depósitos de origen glaciario y aluvial en el Valle Medio de Pueblo Llano.

Los depósitos de origen glaciario se asocian a un complejo de morrenas frontales que alcanza elevaciones de ~2300 m s.n.m. Esto evidencia que, los glaciares asociados a la Glaciación Mérida en el Valle de Pueblo Llano, alcanzaron altitudes de al menos, 300 m más bajas que las aceptadas tradicionalmente para los Andes de Mérida. Además, sugieren que otros valles glaciares presentes en los Andes de Mérida pudieron experimentar fenómenos similares.

6. AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al decanato de investigación y desarrollo de la Universidad Simón Bolívar, quien financió parcialmente esta investigación.

7. REFERENCIAS

- Alemán, A., Ramos, V. A. (2000). Northern Andes. En Cordani, U., Milani, E., Thomas, Filho, A., Campos, D. (Eds.). *Tectonic Evolution of South America*. 31st International Geological Congress, Río de Janeiro, Academia Brasileira de Ciencias y otras, 453-480.
- Angel, I. F. (2016). Late Pleistocene deglaciations histories in the central Mérida Andes (Venezuela). Ph.D. Thesis, Université de Grenoble Alpes, Francia, 230 pp. <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01310303/document>
- Audemard, F. E., Audemard F. A. (2002). Structure of the Mérida Andes, Venezuela: relations with the South America-Caribbean geodynamic interaction. *Tectonophysics* 345, 299-327. [https://doi.org/10.1016/S0040-1951\(01\)002018-9](https://doi.org/10.1016/S0040-1951(01)002018-9).
- Bermúdez, M. A. (2009). Cenozoic exhumation patterns across the Venezuelan Andes: insights from fission-track thermochronology. Ph.D. Thesis. Université Joseph Fourier, Francia. 230 pp. <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00450838/document>.
- Bermúdez, M. A., Van der Beek, P., Bernet, M. (2011). Asynchronous Miocene-Pliocene exhumation of the central Venezuelan Andes. *Geology*, 39 (2), 139-142. <https://doi.org/10.1130/G31582.1>.
- Bezada, M. (1990). Geología glacial del Cuaternario de la región de Santo Domingo-Pueblo Llano-Las Mesitas (Estado Mérida y Trujillo). Ph.D. Tesis, Centro de Estudios Avanzados, Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas, Caracas, 245 pp.
- Clark, P. U., Dyke, A. S., Shakun, J. D., Carlson, A. E., Clark, J., Wohlfarth, B., Mitrovica, J. X., Hostetler, S. W. (2009). The Last Glacial Maximum. *Sciences*, 325 – 5941, 710–714. DOI: 10.1126/science.1172873.
- Colleta, B., Roure, F., De Toni, B., Loureiro, D., Passalacqua, H., Gou, Y. (1997). Tectonic inheritance, crustal architecture, and contrasting structural styles in the Venezuela Andes. *Tectonics*, 1 (5), 777–794. <https://doi.org/10.1029/97TC01659>.
- Dirszowsky, R. W., Mahaney, W. C., Hodder, K. R., Milner, M. W., Kalm, V., Bezada, L., Beukens, R. P. (2005). Lithostratigraphy of the Mérida (Wisconsinan) glaciation and Pedregal intersatade, Mérida Andes, northwestern Venezuela. *Journal of South American Earth Sciences*, 19, 525-536. <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2005.07.001>.
- Farr, T. G., Rosen, P. A., Caro, E., Crippen, R., Duren, R., Hensley, S., Kobrick, M., Paller, M., Rodriguez, E., Roth, L., Seal, D., Shaffer, S., Shimada, J., Umland, J., Werner, M., Oskin, M., Burbank, D., Alsdorf, D. (2007). The Shuttle Radar Topography Mission. *Review of Geophysics*, 55, RG2004, 1-33. doi: 1029/2005RG000183.

- Guzmán, O. J. (2013). Timing and dynamics of river terraces formation in moderate uplifted ranges: the example of Venezuela and Albania.). Ph.D. Thesis, Université de Grenoble, Francia, 277 pp. <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00934484/document>.
- Guzmán, O., Vassallo, R., Audemard, F., Mugnier, J.-L., Oropeza, J., Yopez, S., Carcaillet, J., Alvarado, M., Carrillo, E. (2013). ^{10}Be dating of river terraces of Santo Domingo river, on Southeastern flank of the Mérida Andes, Venezuela: Tectonic and climatic implications. *Journal of South American Earth Sciences* 48, 85-96. <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2013.09.004>.
- Kalm, V., Mahaney, W. C. (2011). Late Quaternary Glaciations in the Venezuelan (Mérida) Andes. En Ehlers, J., Gibbard, J.L., Hughes, P. D. (Eds). Quaternary Glaciations – Extent and Chronology. A closer look. *Developments in Quaternary Science*, 15, 835-841. doi: 10.1016/B978-0-444-53447-7.00059-3 ISSN: 1571-0866.
- Kellog, J. N., Bonini, W. E. (1982). Subduction of the Caribbean plate and basement uplifts in the overriding South American plate. *Tectonics*, 1 (3), 251–276. <https://doi.org/10.1029/TC001i003p00251>.
- Mahaney, W.C., Kalm, V. (1996). Field Guide for the International Conference on Quaternary Glaciation and Paleoclimate in the Andes Mountains, June 21-July 1, 1996. Quaternary Surveys Ltd, Toronto, Canada, 79 pp.
- Mahaney, W. C., Milner, M. W., Voros, J., Kalm, V., Hütt, G., Bezada, M., Hancock, R. G. V., Aufreiter, S. (2000). Stratotype of the Mérida Glaciation at Pueblo Llano in the Northern Venezuelan Andes. *Journal of South American Earth Sciences* 13, 761–774. [https://doi.org/10.1016/S0895-9811\(00\)00054-7](https://doi.org/10.1016/S0895-9811(00)00054-7).
- Mahaney, W. C., Russell, S.E., Milner, M. W., Kalm, V., Bezada, M., Hancock, R.G.V., Beukens, R.P., (2001). Paleopedology of Middle Wisconsin/Weichselian Paleosols in the Mérida Andes, Venezuela. *Geoderma* 104, 215–237. [https://doi.org/10.1016/S0016-7061\(01\)00082-9](https://doi.org/10.1016/S0016-7061(01)00082-9).
- Mahaney, W.C, Kalm, V., Menzies, J., Milner, M. W. (2010). Reconstruction of the Early Mérida, pre-LGM glaciation with comparison to Late Glacial Maximum till, northwestern Venezuelan Andes. *Sedimentary Geology* 226, 29–41. <https://doi.org/10.1016/j.sedgeo.2010.02.004>.
- Nesje, A., Olaf-Dehl, S. (2000). Glaciers and environmental change. Oxford University Press Inc., 203 pp.
- Pettijohn, F. J., Potter, P. E., Siever, R. (1987). Sand and Sandstone. 2 edición. Springer-Verlag, New York. 553 pp.
- Pindell, J. L., Barret., S. F. (1990). Geologic Evolution of the Caribbean Region: a Plate-Tectonic Perspective, En Case, J. E., Dengo, G. (Ed.). *The geology of North America, the Caribbean region* (pp. 405-432). Geological Society of America. Geology of North America, H, 405-432. <https://doi.org/10.1130/DNAG-GNA-H.405>.
- Rull, V. (2005). A Middle Wisconsin interstadial in the Northern Andes. *Journal of South American Earth Sciences* 19, 173– 79. <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2005.01.002>.
- Schubert, C. (1970). Glaciation of the Sierra de Santo Domingo, Venezuelan Andes. *Quaternaria* 13, 232-261.
- Schubert, C. (1974). Late Pleistocene Mérida glaciation, Venezuelan Andes. *Boreas* 3, 147–52. doi: 10.1111/j.1502-3885.1974.tb00673.x.
- Schubert, C. (1976). Definición geológica de la Glaciación Mérida, Andes venezolanos. Boletín de Geología, Publicación Especial 7 (2), 1181-1185.

- Schubert, C. (1984). The Pleistocene and recent extent of the glaciers of the Sierra Nevada de Mérida, Venezuela. *Erdwissenschaftliche Forshung* 18, 269- 278.
- Schubert, C., Vivas, L. (1993). El Cuaternario de la cordillera de Mérida, Andes Venezolanos. 1º ed. ULA Fundación Polar, 345 pp.
- Schubert, C., Valastro, S. (1980). Quaternary Esnujaque Formation, Venezuelan Andes: Preliminary alluvial chronology in a tropical mountain range. *Zeitschrift der Deutschen Geologischen Gesellschaft* 131, 927–47.
- Schubert, C., Clapperton, C. M. (1990). Quaternary glaciations in the Northern Andes (Venezuela, Colombia and Ecuador). *Quaternary Sciences Review* 9, 123-135. [http://doi.org/10.1016/0277-3791\(90\)90014-2](http://doi.org/10.1016/0277-3791(90)90014-2)
- Shackleton, N. J., Sánchez Goñi, M.F., Paillerc, D., Lancelot, Y. (2003). Marine Isotope Substage 5e and the Eemian Interglacial. *Global and Planetary Change* 36, 151-155. [https://doi.org/10.1016/S0921-8181\(02\)00181-9](https://doi.org/10.1016/S0921-8181(02)00181-9).
- Taboada, A., Rivera, L., Fuenzalida, A., Cisternas, A., Philip, H., Bijwaard, H., Olaya, J., Rivera, C. (2000). Geodynamic of the northern Andes: Subductions and intracontinental deformation (Colombia). *Tectonics*, 19 (5), 787-813. <https://doi.org/10.1029/2000TC900004>.
- Tricart, J., Millies-Lacroix, A. (1962). Les terrasses quaternaires des Andes Vénézuéliennes. *Bulletin de la Société Géologique de France. Soc. Géol. France, 7e Sér.*, 4, 201-219.
- Tricart, J., Michel, M. (1965). Monographie et carte geomorphologique de la region de Lagunillas (Andes Vénézuéliennes). *Revue de Geomorphologie Dynamique* 15, 1-33.
- Udden, J. A. (1914). Mechanical composition of clastic sediments. *Geological Society of America Bulletin*, 25 (1), 655–744. <http://dx.doi.org/10.1130/GSAB-25-655>.
- Wentworth, C. K. (1922). A Scale of Grade and Class Terms for Clastic Sediments. *The Journal of Geology*, 30 (5), 377–392. <https://www.journals.uchicago.edu/doi/pdfplus/10.1086/622910>.
- Wesnousky, S. G., Aranguren, R., Rengifo, M., Owen, L.A., Caffee, M. W., Krishna Murari, M., Pérez, O. J. (2012). Toward quantifying geomorphic rates of crustal displacement, landscape development, and the age of glaciation in the Venezuelan Andes *Geomorphology* 141-142, 99-113. <http://doi.org/10.1016/j.geomorph.2011.12.028>.
- Zinck, A., Stagno, P. (1966). Estudio edafológico de la zona de Santo Domingo-Pagüey, Estado Barinas: División de Obras Hidráulicas, Ministerio de Obras Públicas, Caracas.



SOBRE SUCESSIONES DE SIDON

Adrián Infante

Departamento de Matemáticas y Estadística, Instituto de Ciencias Básicas, Universidad Técnica de Manabí.
Autor para correspondencia: ainfante@utm.edu.ec

Recibido: 15-4-2019 / Aceptado: 14-10-2019 / Publicación: 31-12-2019

Editor Académico: Dra. Carmen Judith Vanegas

RESUMEN

Estudiamos los subconjuntos de números reales con la propiedad de que todas las sumas de dos elementos son distintos, es decir que si $a_i + a_j = a_{i'} + a_{j'}$ entonces se verifica la igualdad $\{a_i, a_j\} = \{a_{i'}, a_{j'}\}$. A estos conjuntos los llamaremos conjuntos de Sidon. El problema es saber cuál es el mayor número de elementos que puede tener un conjunto de Sidon en el intervalo $[1, N]$. Presentamos ejemplos que evidencian la necesidad de conocer el tamaño del intervalo $[1, N]$ donde se va a ubicar el conjunto de Sidon para saber el tamaño $F(N)$ del conjunto de Sidon. Ruzsa I. Z. (1998) demostró la existencia de una sucesión infinita de Sidon tal que su tamaño $B(N) > N^{\sqrt{2}-1+o(1)}$. En este trabajo rehacemos detalladamente la demostración de Ruzsa, introduciendo en la prueba una modificación sustancial, al sustituir las sucesiones $\{\log p\}_{p, \text{primo}}$ por la sucesión de los argumentos de los enteros de Gauss $a + ib = p$ con $a < b$, a y b enteros y p primo.

Palabras clave: Conjuntos de Sidon, suma de dos elementos.

ON INFINITE SUCCESSION OF SIDON

ABSTRACT

We study the sub-sets of real number with the property that all sums of two elements is different, namely $a_i + a_j = a_{i'} + a_{j'}$ then the equation $\{a_i, a_j\} = \{a_{i'}, a_{j'}\}$ is verified. We will call these sets Sidon sets. The problem is knowing the maximum number of elements that a Sidon set can contain in the interval $[1, N]$. We present examples that show the need of knowing the size of the interval $[1, N]$ where the Sidon set will be located to know the size $F(N)$ of the Sidon set. Ruzsa I. Z. (1998) proved the existence of an infinite Sidon succession such that its size $B(N) > N^{\sqrt{2}-1+o(1)}$. In this paper, we rewrite Ruzsa proof in detail, introducing a substantial modification in the proof, by substituting the successions $\{\log p\}_{p, \text{primo}}$ for the succession of the arguments of Gauss integers $a + ib = p$ with $a < b$, and integers, and prime.

Keywords: Sets of Sidon, Sums of two elements.

SOBRE SUCESSÕES INFINITAS DE SIDON

RESUMO

Estudamos os subconjuntos de números reais com a propriedade que todas as somas de dois elementos são diferentes, ou seja, se $a_i + a_j = a_{i'} + a_{j'}$, então a igualdade $\{a_i, a_j\} = \{a_{i'}, a_{j'}\}$. Nós chamamos esses conjuntos de conjuntos Sidon. O problema é saber qual é o maior número de elementos que pode ter um conjunto de Sidon no intervalo. Apresentamos exemplos que mostram a necessidade de saber o tamanho do intervalo $[1, N]$ onde o conjunto Sidon estará localizado, para saber o tamanho $F(N)$ do conjunto Sidon. Ruzsa I.Z. (1998) demonstrou a capacidade de uma sucessão infinita de Sidon de tal forma que seu tamanho $B(N) > N^{\sqrt{2}-1+o(1)}$. Neste artigo apresentamos uma explicação detalhada da demonstração de Ruzsa, introduzindo uma modificação substancial na prova, substituindo as consequência $\{\log p\}_{p, \text{primo}}$ pela sequência de argumentos dos inteiros Gauss $a + ib = p$ com $a < b$, a e b inteiros e p primo.

Palavras chave: Conjuntos de Sidon, somas de dois elementos são diferentes.

Citación sugerida: Adrián Infante . SOBRE SUCESIONES DE SIDON. Revista Bases de la Ciencia, 4(3), 19-40. DOI:https://doi.org/10.33936/rev_bas_de_la_ciencia.v4i3.1726

Recuperado de: <https://revistas.utm.edu.ec/index.php/Basedelaciencia/article/view/1726>

OrcidIDs:

Adrián Infante:<http://orcid.org/0000-000-2385-77063>

Carmen Judith Vanegas:<http://orcid.org/0000-003-0748-5963>

1. INTRODUCCIÓN

En la teoría de números ha tenido especial atención el estudio de las propiedades aditivas de los números enteros. Dentro de la amplia Teoría Aditiva destacamos aquella parte que estudia los conjuntos de números reales con la propiedad de que todas las sumas de dos elementos son distintas. Varios problemas relacionados con este tipo de conjuntos surgen en conexión con los trabajos de investigación en la teoría de Series de Fourier, como se puede ver en los trabajos de **Sidon S. (1932)**. Esta conexión se puede ilustrar de manera sencilla: sea $\mathcal{A} = \{a_k\}_k$ una sucesión de números enteros y tales que $r_{\mathcal{A}}(n) \leq g$, donde $r_{\mathcal{A}}(n)$ es el número de representaciones de n como suma de dos elementos de $\mathcal{A}$, sin repetición, es decir,

$$r_{\mathcal{A}}(n) = \#\{a_i, a_j \in \mathcal{A} : n = a_i + a_j, a_i \leq a_j\}.$$

Para un número real positivo p , definimos la norma p de una función $f : \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}$ periódica y de período 2π por:

$$\|f\|_p = \left(\int_0^{2\pi} |f(x)|^p dx \right)^{1/p}.$$

Un simple cálculo nos permite observar que las normas 4 de funciones con frecuencia en $\mathcal{A}$, están acotadas por las normas 2. Sea

$$f(t) = \sum_{k=0}^{\infty} c_k e^{ia_k t}$$

donde $\mathcal{A} = \{a_k\}_k$ es una sucesión de números enteros y tales que $r_{\mathcal{A}}(n) \leq g$, y los $C_k, k = 0, 1, 2, \dots$ son los coeficientes de Fourier de f . Entonces

$$\begin{aligned} \|f\|_4^4 &= \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} |f(t)|^4 dt = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} |f^2(t)|^2 dt \\ &= \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \left| \left(\sum_{k,j} c_k c_j \right) e^{i(a_k+a_j)t} \right|^2 dt = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \left| \sum_{n=1}^{\infty} \sum_{\substack{k,j \\ a_k+a_j=n}} c_k c_j e^{int} \right|^2 dt \\ &= \sum_{n=1}^{\infty} \left| \sum_{\substack{k,j \\ a_k+a_j=n}} c_k c_j \right|^2 \leq 2g \sum_{n=1}^{\infty} \sum_{\substack{k,j \\ a_k+a_j=n}} |c_k|^2 |c_j|^2 \\ &\leq 2g \left(\sum_{k=1}^{\infty} |c_k|^2 \right)^2 \leq 2g \|f\|_2^4. \end{aligned}$$

En este trabajo sólo consideramos el caso en que el número de representaciones es única, es decir, si $a_i + a_j = a_{i'} + a_{j'}$ entonces se verifica la igualdad $\{a_i, a_j\} = \{a_{i'}, a_{j'}\}$. A estos conjuntos los llamaremos conjuntos de Sidon.

Sidon planteó a Erdős el siguiente problema: ¿Cuál es el máximo número de elementos que puede tener un conjunto de Sidon contenido en el intervalo $[1, N]$?

Si llamamos $F(N)$ a ese número, los siguientes ejemplos nos darán las primeras cotas inferiores.

Ejemplo 1. Las potencias de 2, cuyo crecimiento es exponencial, es el ejemplo más obvio de conjunto de Sidon. De hecho, cualquier sucesión lacunar, $B = \{b_1, b_2, b_3 \dots\}$ con la condición $2b_{k-1} \leq b_k$, es de Sidon. De aquí obtenemos $F(N) \geq \log_2 N$.

El siguiente ejemplo nos da una mejor cota inferior.

Ejemplo 2. Vamos a construir una sucesión de Sidon, $b_1 < b_2 < \dots$, tal que los b_n sean mucho menor que n^3 , $b_n \ll n^3$. Empezado por $b_1 = 1, b_2 = 2$. Tomemos b_n como el menor entero positivo distinto de todos los números $b_i + b_j - b_k$, con $1 \leq i, j, k < n$. Veamos que esta construcción nos proporciona, $b_n < n^3$. Observemos que existen a lo más $(n-1)^3$ de estas tripletas i, j, k , por lo tanto los correspondientes números de enteros $b_i + b_j - b_k$ no puede superar a $(n-1)^3$. De modo que siempre podemos elegir $b_n \leq (n-1)^3 + 1 < n^3$. En este caso, tenemos $F(N) \geq N^{\frac{1}{3}}$.

Estas dos construcciones, que podemos considerar triviales, fueron superados por la siguiente construcción de Erdős.

Ejemplo 3. Sea p un primo y sea $B_p = \{b_k = 2kp + (k^2)_p : k = 1, 2, \dots, p\}$, donde $(k^2)_p$ denota el entero positivo u , $1 \leq u \leq p$, determinado por $u \equiv k^2 \pmod{p}$. Spongamos que

$$2kp + (k^2)_p + 2pj + (j^2)_p = 2pk' + (k'^2)_p + 2pj' + (j'^2)_p$$

que podemos escribir como

$$(k^2)_p + (j^2)_p - (k'^2)_p - (j'^2)_p = 2p(k' + j' - k - j) \quad (1)$$

En particular tenemos que $k^2 + j^2 \equiv k'^2 + j'^2 \pmod{p}$, de donde

$$(k - k')(k + k') \equiv (j' - j)(j' + j) \pmod{p}. \quad (2)$$

Por otra parte, como $1 \leq (k^2)_p \leq p$, se cumple que $-2p < (k^2)_p + (j^2)_p - (k'^2)_p - (j'^2)_p < 2p$, y en vista de (1) tenemos que $(k^2)_p + (j^2)_p - (k'^2)_p - (j'^2)_p = 0$, lo que implica que $k - k' = j' - j$. En el caso $j \neq j'$ en (2), como $k - k' = j' - j$, obtenemos $k + k' \equiv j + j' \pmod{p}$, que junto con $k + j \equiv k' + j' \pmod{p}$ implica $k' = j$. En el otro caso, $j = j'$ implica que $k = k'$. Es decir en cualquier caso, $\{k, j\} = \{k', j'\}$.

Hemos demostrado que B_p es un conjunto de Sidon con p elementos contenidos en el intervalo $[1, 2p + 1]$, esto quiere decir que $F(2p^2 + 1) \geq p$. Por otra parte, sabemos que para todo N existe un primo p tal que $N - o(N) < 2p^2 + 1 \leq N$, donde $o(N)$ denota una constante que depende de N y tal que $\lim_{N \rightarrow \infty} \frac{o(N)}{N} = 0$. Así que $F(N) \geq F(2p^2 + 1) \geq p \geq \sqrt{\frac{N}{2}} - o(\sqrt{N})$.

Con un argumento más elaborado, **Bose R.C. and Chowla S.(1962)** demostraron que

$$F(N) \geq \sqrt{N} + o(\sqrt{N}). \quad (3)$$

Reproducimos aquí una construcción más sencilla que dio I. Ruzsa.

Ejemplo 4. Para un número natural p , decimos que g es una raíz primitiva módulo p , si g genera como grupo a $\mathbb{Z}_p^*$, es decir, si para cada $b \in \mathbb{Z}_p^*$ existe $k \in \mathbb{Z}$ tal que $g^k \equiv b \pmod{p}$. Aquí $\mathbb{Z}_p^*$ denota los elementos invertibles módulo p .

Dado un número primo p , sea g una raíz primitiva de p . Considere el sistema de congruencias

$$\begin{cases} x \equiv k \pmod{(p-1)}, & k = 1, 2, \dots, p-1. \\ x \equiv g^k \pmod{p} \end{cases} \quad (4)$$

Por el teorema Chino del resto tenemos $p-1$ soluciones en $[1, p(p-1)]$. Vamos a ver que este conjunto de soluciones es un conjunto de Sidon.

Supongamos que $x_i \equiv i, x_j \equiv j, x_{i'} \equiv i' \text{ y } x_{j'} \equiv j' \pmod{p-1}$ tales que $x_i + x_j = x_{i'} + x_{j'}$. En

particular, $x_i + x_j \equiv x_{i'} + x_{j'} \pmod{p(p-1)}$, de donde

$$\begin{cases} x_i + x_j \equiv x_{i'} + x_{j'} \pmod{(p-1)} \\ x_i + x_j \equiv x_{i'} + x_{j'} \pmod{p} \end{cases}$$

Entonces, en vista de (4), tenemos $i + j \equiv i' + j' \pmod{(p-1)}$ y $g^i + g^j \equiv g^{i'} + g^{j'} \pmod{p}$.

Consideremos el polinomio $P(x) = (x - g^i)(x - g^j) = x^2 - x(g^i + g^j) + g^{i+j}$. Usando las congruencias anteriores tenemos que

$$P(x) \equiv x^2 - x(g^{i'} + g^{j'}) + g^{i'+j'} \equiv (x - g^{i'})(x - g^{j'}) \pmod{p}.$$

Como p es primo y P es de grado 2, no puede tener más de dos soluciones. De manera que $\{g^i, g^j\} = \{g^{i'}, g^{j'}\}$, esto implica que $\{i, j\} = \{i', j'\}$ y, por tanto $\{x_i, x_j\} = \{x_{i'}, x_{j'}\}$. Hemos demostrado que $F(p(p-1)) \geq p-1$. Para un N cualquiera podemos tomar un primo p tal que $N - o(N) \leq (p-1)^2 \leq p(p-1) \leq N$ y, como en el ejemplo 3, concluimos que $F(N) \geq F(p(p-1)) \geq p-1 \geq \sqrt{N} - o(\sqrt{N})$.

Cota superior para $F(N)$

Sea B un conjunto de Sidon contenido en el intervalo $[1, N]$, y consideramos el conjunto $B + B := \{b + b' : b, b' \in B\}$. Como las sumas son diferentes se cumple que $|B + B| = \binom{|B| + 1}{2}$, donde $|B|$ denota el cardinal de B .

Por otra parte, $B + B \subset [2, 2N]$, y por lo tanto $|B + B| \leq 2N + 1$. De estos dos hechos se deduce que $|B|^2 + |B| \leq 4N + 2$, implica $|B|^2 \leq 4N$ y por lo tanto $|B| \leq 2\sqrt{N}$. En consecuencia $F(N) \leq 2\sqrt{N}$.

Esta estimación la podemos mejorar si consideramos el conjunto de las diferencias positivas $(B - B)_+$. Los conjuntos de Sidon también verifican que las diferencias $b - b'$, con $b, b' \in B$ son todas diferentes. Por lo tanto se cumple que $|(B - B)_+| = \binom{|B|}{2}$. También se tiene $(B - B)_+ \subset [1, N-1]$ lo que implica que $|(B - B)_+| \leq N-1$. Combinando estas dos estimaciones concluimos que $F(N) < \sqrt{2N} + 1$.

Erdos P., Turan P. (1941) mejoraron con un argumento combinatorio la cota superior.

$$F(N) \leq \sqrt{N} + o(\sqrt{N}). \quad (5)$$

Combinando (3) y (5) obtenemos

$$\lim_{N \rightarrow \infty} N^{-\frac{1}{2}} F(N) = 1. \quad (6)$$

2. DOS EJEMPLOS INTERESANTES

Para terminar con esta sección daremos dos ejemplos que serán útiles para ilustrar cómo se puede construir sucesiones de Sidon de enteros a partir de sucesiones de Sidon de reales.

Ejemplo 5. Dado N consideremos la sucesión $\{[4N^2 \log p]\}_p$, con p primo menor que N . Veamos que es una sucesión finita de Sidon. Sean p, q, r, s primos menores que N , tales que

$$[4N^2 \log p] + [4N^2 \log q] = [4N^2 \log r] + [4N^2 \log s]. \quad (7)$$

Si $\{p, q\} \neq \{r, s\}$, necesariamente $pq \neq rs$. Supongamos por ejemplo que $pq \geq rs + 1$. Teniendo en cuenta las propiedades del logaritmo y estimando las partes fraccionarias de (7), obtenemos la desigualdad

$$\left| 4N^2 \log \frac{pq}{rs} \right| \leq 2.$$

Por otra parte, como $pq \geq rs + 1$, tenemos

$$\left| \log \frac{pq}{rs} \right| \geq \log \left(1 + \frac{1}{rs} \right).$$

Aplicando la desigualdad $\log(1+x) > \frac{x}{2}$, $0 < x < 1$, y la estimación $rs \leq N^2$ obtenemos la contradicción.

$$\left| 4N^2 \log \frac{pq}{rs} \right| \geq 4N^2 \log \left(1 + \frac{1}{rs} \right) > 4N^2 \frac{1}{2rs} > 2.$$

Así que la sucesión finita $\{[4N^2 \log p]\}_p$ es de Sidon. Recordemos que $\pi(N) \sim \frac{N}{\log N}$, donde $\pi(N)$ denota el número de primos menores o iguales que N , y como para cada primo p hay un término de la sucesión de Sidon en el intervalo $[1, 4N^2 \log N]$, en consecuencia

$$F(4N^2 \log N) \geq \pi(N) \sim \frac{N}{\log N}.$$

Tomando $M = 4N^2 \log N$, tenemos

$$N^2 = \frac{M}{4 \log N} \Rightarrow \frac{N}{\log N} = \frac{\sqrt{M}}{2 \sqrt{\log N} \log N} \gtrsim \frac{M^{1/2}}{\log^{3/2} M}$$

en la última desigualdad usamos que $M = 4N^2 \log N$ implica

$$2 \log N = \log M - \log(4 \log N) \leq \log M \Rightarrow \log N \lesssim \log M$$

concluimos

$$F(M) \gtrsim \frac{M^{1/2}}{\log^{3/2} M}.$$

Ejemplo 6. La demostración que presetaremos en este trabajo está basada en el siguiente ejemplo: sabemos que para cada p primo, $p \equiv 1 \pmod{4}$, se puede representar de manera única como suma de dos cuadrados, $p = a^2 + b^2$, $0 < a < b$, ver **Zagier Don, (1990)**. De modo que a cada primo $p \equiv 1 \pmod{4}$ le podemos asociar el ángulo ϕ_p del entero de Gauss $a + ib = \sqrt{p}e^{i\phi_p}$, con $0 < \phi_p < \frac{\pi}{4}$.

Dado un entero positivo N , consideremos la sucesión finita $\{[4N^2\phi_p]\}_{p \equiv 1 \pmod{4}}$, con p un primo menor que N . Veamos que ésta sucesión es de Sidon.

Sea p, q, r, s primos congruentes con 1 (mod 4) menores que N y tales que

$$[4N^2\phi_p] + [4N^2\phi_q] = [4N^2\phi_r] + [4N^2\phi_s].$$

Quitando las partes enteras obtenemos la estimación

$$|4N^2(\phi_p + \phi_q - \phi_r - \phi_s)| \leq 2. \quad (8)$$

Obsérvase que $\phi_p + \phi_q - \phi_r - \phi_s$ es el ángulo de un entero de Gauss

$$A + iB = \sqrt{pqrs}e^{i(\phi_p + \phi_q - \phi_r - \phi_s)}.$$

Si $\{p, q\} \neq \{r, s\}$, entonces $|B| \geq 1$, de donde

$$\begin{aligned} 4N^2 |\phi_p + \phi_q - \phi_r - \phi_s| &\geq 4N^2 \arcsen \frac{1}{\sqrt{pqrs}} \\ &\geq 4N^2 \arcsen \left(\frac{1}{N^2} \right) > 4, \end{aligned}$$

contradice (8), de manera que $\{p, q\} = \{r, s\}$ y por tanto la sucesión $\{[4N^2\phi_p]\}_{p \equiv 1 \pmod{4}}$ es de Sidon. En este caso, como la sucesión $\{[4N^2\phi_p]\}_{p \equiv 1 \pmod{4}}$ contiene un elemento por cada primo p menor que N , obtenemos que

$$F(4N^2\phi_N) \geq \pi(N) \sim \frac{N}{\log N}.$$

Tomando $M = 4N^2\phi_N$, como ϕ_N es acotada tenemos $M^{1/2} = 2N\sqrt{\phi_N} \sim N$, concluimos que

$$F(M) \gtrsim \frac{M^{1/2}}{\log M},$$

lo que resulta una mejora si lo comparamos con el ejemplo 5.

3. SUCESIONES DE SIDON

En el caso de sucesiones infinitas de Sidon el problema es más complicado que en el caso de sucesiones finitas. Los ejemplos 1 y 2 sí que se pueden extender a sucesiones infinitas. Sin embargo los ejemplos 3, 4 y 5, las distintas construcciones necesitan del conocimiento previo del tamaño del intervalo donde se va a ubicar el conjunto de Sidon. Por supuesto, esto nos impide extender estas construcciones finitas a sucesiones infinitas.

Cuando B es una sucesión infinita de números enteros, para estudiar su densidad definimos la

función $B(N)$, que cuenta para cada N , el número de elementos de B menores o iguales a N . Esto es,

$$B(N) = \sum_{b \leq N, b \in B} 1.$$

Del caso finito se deduce que si B es una sucesión infinita de Sidon que

$$\liminf_{N \rightarrow \infty} N^{-\frac{1}{2}} B(N) \leq 1$$

Erdos P.(1954) construyó una sucesión infinita de Sidon tal que

$$\limsup_{N \rightarrow \infty} N^{-\frac{1}{2}} B(N) \geq 1/2$$

y **Kruckeberg F.(1961)** construyó otra más densa que satisfacía

$$\limsup_{N \rightarrow \infty} N^{-\frac{1}{2}} B(N) \geq \frac{1}{\sqrt{2}}.$$

Comparando con el caso de conjuntos de Sidon finitos, se podría pensar que existen sucesiones infinitas de Sidon tales que $B(N) \gg \sqrt{N}$, para todo N . Erdős demostró que tales sucesiones no existen, esto fue publicado por **Stöhr A. (1955)**. Erdős demostró que si B es una sucesión infinita de Sidon se cumple que

$$\liminf_{N \rightarrow \infty} \frac{B(N) \sqrt{\log N}}{N^{\frac{1}{2}}} \ll 1,$$

donde $B(N)$ denota el número de elementos de B en $[1, N]$.

Por otro lado **Erdos P. (1956)** conjeturó:

Para todo $\epsilon > 0$, existe una sucesión $B = \{b_k\}$ de Sidon tal que $b_k \ll k^{2+\epsilon}$, esto es $B(N) \ll N^{\frac{1}{2}-\epsilon}$.

En el ejemplo 2, vimos que existe una sucesión infinita de Sidon tal que $b_r \leq r^3$, es decir $B(N) \gg (N \log N)^{\frac{1}{3}}$. **Komlos J., Ajtai and Szemerédi E. (1981)** mejoraron ligeramente este resultado, utilizando teoría de grafos, demostrando la existencia de una sucesión de Sidon tal que

$$B(N) \gg (N \log N)^{\frac{1}{3}}.$$

Un gran paso hacia la conjetura de Erdős se debe a **Ruzsa I. Z. (1998)**, quien demostró la existencia de una sucesión infinita de Sidon tal que $B(N) \gg N^{\sqrt{2}-1+o(1)}$. El propósito de este trabajo es rehacer detalladamente la demostración de Ruzsa, introduciendo en la prueba una modificación que pasamos a describir.

En su prueba, Ruzsa hace uso de las propiedades de la función logaritmo, observando que la sucesión $\{\log p\}_{p, \text{primo}}$ es una sucesión de Sidon de números reales. El inconveniente de esta sucesión, como veremos más adelante en la demostración, es que no está acotada. En su lugar, introducimos otra sucesión de las mismas características que $\{\log p\}_{p, \text{primo}}$ pero acotada. La sucesión que vamos a considerar es la sucesión $\{\phi_p\}_{p \equiv 1 \pmod{4}}$ donde ϕ_p es el argumento del entero de Gauss $a + ib$, $a^2 + b^2 = p$ con $0 < a < b$.

Teorema 3.1 (I. Ruzsa). *Existe un conjunto B de Sidon que satisface*

$$B(N) = N^{\gamma+o(1)}$$

donde $\gamma = \sqrt{2} - 1 = 0.41421356 \dots$

Vamos a detallar la demostración del teorema 3.1. Seguimos esencialmente la idea de **Ruzsa I. Z. (1998)**, pero añadiendo una simplificación no trivial la cual explicamos a continuación. Ruzsa

en su prueba considera la sucesión $\{\log p\}_{p, \text{primo}}$ que es una sucesión de Sidon de números reales, como se deduce del Teorema Fundamental de la Arimética. El hecho de que la sucesión $\{\log p\}_{p, \text{primo}}$ no esté acotada implica complicaciones técnicas que nosotros evitaremos sustituyendo la sucesión $\{\log p\}_{p, \text{primo}}$ por otra sucesión $\{\phi\}_p$ acotada y con las mismas propiedades que $\{\log p\}_{p, \text{primo}}$.

Para definir nuestra sucesión de partida recordemos que un número primo $p \equiv 1 \pmod{4}$ se puede representar de manera única como suma de dos cuadrados, $p = a^2 + b^2$, $0 < a < b$. En lo que sigue p , q , r y s serán de esta forma. De modo que a cada primo $p \equiv 1 \pmod{4}$ le podemos asociar el argumento ϕ_p del entero de Gauss $a + ib = \sqrt{p}e^{i\phi_p}$, con $0 < \phi_p < \frac{\pi}{4}$.

Lema 3.1.1. *La sucesión $\{\phi_p\}_p$ es una sucesión de Sidon de números reales.*

Demostración. Supongamos que $\phi_p + \phi_s = \phi_q + \phi_r$. Si multiplicamos los enteros de Gauss $\sqrt{p}e^{i\phi_p}$, $\sqrt{s}e^{i\phi_s}$, $\sqrt{q}e^{-i\phi_q}$ y $\sqrt{r}e^{-i\phi_r}$, obtenemos

$$A + iB = \sqrt{pqrs}e^{\phi_p + \phi_s - \phi_q - \phi_r} = \sqrt{pqrs}.$$

Esto implica que $B = 0$, y por lo tanto $A^2 = pqrs$. Como p , q , r y s son primos, entonces $A^2 = pqrs$ sólo puede ocurrir si $\{p, q\} = \{r, s\}$. En consecuencia $\{\phi_p\}$ es una sucesión de Sidon. $\square$

Observación. Dado $\alpha > 0$, si $\{\phi_p\}_p$ es una sucesión de Sidon, de la demostración del lema se deduce que la sucesión $\{\alpha\phi_p\}_p$ también es una sucesión de Sidon.

El esquema de la demostración del teorema 3.1 será el siguiente:

Paso 1. Dado $\alpha \in [\frac{1}{2}, 1]$, consideremos la sucesión $\{\alpha\phi_p\}_p$, que es una sucesión infinita de Sidon de números reales. A cada $\alpha\phi_p$ le asociamos un número entero b_p , de tal forma que la sucesión $B_\alpha = \{b_p\}_p$ tenga un crecimiento adecuado, y que herede de alguna manera la propiedad de Sidon.

Paso 2. La sucesión B_α es de Sidon excepto por algunos términos *malos* cuyo número vamos a contar.

Paso 3. Con un argumento probabilístico podemos asegurar que para casi todos los $\alpha \in [\frac{1}{2}, 1]$ la cantidad de términos malos de la sucesión B_α , no supera la “mitad” de los términos de la sucesión B_α . La demostración termina observando que al quitar esos términos malos todavía nos queda una subsucesión con el crecimiento deseado.

4. CONSTRUCCIÓN DE LA SUCESIÓN B_α

Consideremos la sucesión $\{\alpha\phi_p\}_p$, con $\alpha \in [\frac{1}{2}, 1]$. Podemos expresar el desarrollo binario de $\alpha\phi_p$ como

$$\alpha\phi_p = \sum_{j=1}^{\infty} \delta_{jp} 2^{-j}$$

donde $\delta_{jp} = 0$ ó 1 .

Observación. Los dígitos δ_{jp} dependen del parámetro α aunque no lo digamos explícitamente.

El desarrollo binario de $\alpha\phi_p$ lo usaremos para construir una sucesión de enteros $B_\alpha = \{b_p\}$ que crezca lo más lentamente posible, concretamente como p^β , con $\beta = \sqrt{2} + 1$. Para ello, truncamos el desarrollo binario de $\alpha\phi_p$ en un lugar K^2 , donde K es definido para cada p por

$$K = K_\alpha = \min \left\{ j > 2 : 2^{(j-1)^2} > p^\beta \right\} = 2 + \left\lceil \sqrt{\beta \log_2(p)} \right\rceil \quad (9)$$

Agruparemos los p cuyos desarrollos binarios han sido cortados en el mismo sitio K^2 en un conjunto que lo denominaremos P_K . Esto es

$$P_K = \{p : K_p = K\}. \quad (10)$$

Denotemos por λ_p la suma parcial

$$\lambda_p = \sum_{j=1}^{K^2} \delta_{jp} 2^{-j}.$$

El resto del desarrollo es menor que $p^{-\beta}$. Esto se deduce de la definición de K , haciendo el siguiente cálculo

$$|\lambda_p - \alpha \phi_p| = \sum_{j=K^2+1}^{\infty} \delta_{jp} 2^{-j} \leq 2^{-K^2} \leq 2^{-(K-1)^2} < p^{-\beta}. \quad (11)$$

Antes de definir explícitamente b_p , reordenamos el desarrollo binario de λ_p de la siguiente forma

$$\lambda_p = \sum_{l=1}^{K^2} \delta_{lp} 2^{-l} = \sum_{l=1}^K \left(\sum_{j=(l-1)^2+1}^{l^2} \delta_{jp} 2^{l^2-j} \right) 2^{-l^2} \quad (12)$$

$$= \sum_{l=1}^K \Delta_{lp} 2^{-l^2}, \quad (13)$$

donde los bloques Δ_{lp} están definidos por

$$\Delta_{lp} = \sum_{j=(l-1)^2+1}^{l^2} \delta_{jp} 2^{l^2-j}, \quad \text{para } 1 \leq l \leq K$$

y $\Delta_{lp} = 0$ para $l > K$. De esta definición se deduce que

$$\Delta_{lp} < 2^{l^2-(l-1)^2} = 2^{2l-1}.$$

4.1. CONSTRUCCIÓN DE $\{b_p\}$

El siguiente paso consiste en construir b_p a partir de λ_p . Asociamos a cada $\lambda_p = \sum_{l=1}^K \Delta_{lp} 2^{-l^2}$, el entero $\sum_{l=1}^K \Delta_{lp} 2^{l^2}$, y por razones técnicas, que justificamos posteriormente, separamos los bloques Δ_{lp} en el desarrollo binario introduciendo tres ceros entre cada bloque, después del último bloque el Δ_{Kp} , colocamos un 0 seguido de un 1. Este último 1, que corresponde a 2^{K^2+3K+1} , marca el tamaño de b_p . Concretamente

$$b_p = \sum_{l=1}^K \Delta_{lp} 2^{(l-1)^2+3l} + 2^{K^2+3K+1}.$$

Para tener una idea más clara de la forma que tiene el número b_p , vamos a desarrollar la suma anterior:

$$\begin{aligned} b_p &= \underbrace{\delta_1 2^3 + 0 + 0 + 0}_{2^3 \Delta_1} + \underbrace{\delta_4 2^7 + \delta_3 2^8 + \delta_2 2^9}_{2^7 \Delta_2} + \underbrace{0 + 0 + 0}_{0} + \\ &+ \underbrace{\delta_9 2^{13} + \delta_8 2^{14} + \dots + \delta_5 2^{17}}_{2^{13} \Delta_3} + \dots + \underbrace{0 + 0 + 0}_{0} + \\ &+ \underbrace{\delta_{K^2} 2^{(K-1)^2+3K} + \dots + \delta_{(K-1)^2+1} 2^{K^2+3K-1}}_{2^{(K-1)^2+3K} \Delta_{K^2}} + \\ &+ \underbrace{0 + 2^{K^2+3K+1} + 0}_{\text{Sirve para marcar el tamaño de } b_p} \end{aligned}$$

La construcción de la sucesión $\{b_p\}$ se ha hecho de modo que

1. La sucesión b_p crezca lo más lentamente posible, ($b_p \sim p^\beta$).
2. Herede, de alguna manera, las propiedades de Sidon de $\{\alpha\phi_p\}$.

Veamos que efectivamente b_p tiene el tamaño deseado. De la definición de b_p , se deduce de forma inmediata que

$$2^{K^2+3K} \leq b_p \leq 2^{K^2+3K+1}$$

o equivalentemente

$$2^{(K-1)^2+5K-1} \leq b_p \leq 2^{(K-1)^2+5K}$$

y por tanto, como $2^{(K-2)^2} < p^\beta \leq 2^{(K-1)^2}$, tenemos

$$b_p = p^{\beta+o(1)}.$$

4.2. CONTAR CUANTOS TÉRMINOS MALOS TIENE LA SUCESIÓN B_α

La sucesión B_α no es necesariamente de Sidon porque puede contener cuádruplas para las cuales se cumple

$$b_p + b_s = b_q + b_r, \quad \{b_p, b_s\} \neq \{b_q, b_r\}. \quad (14)$$

En esta sección vamos a estimar el número de las cuádruplas malas contenidas en la sucesión B_α , y veremos que son pocas en comparación con el tamaño de B_α .

En los siguientes lemas vamos a caracterizar las propiedades que tienen las cuádruplas que cumplen (14). Observemos que si b_p, b_s, b_q y b_r cumplen la condición (14) entonces se puede suponer, sin pérdida de generalidad, que b_p es el más grande de todos, por lo tanto b_s es el más pequeño de todos y así $b_q \geq b_r$, por lo que podemos escribir

$$b_p > b_q \geq b_r > b_s \quad (15)$$

El último término del desarrollo binario de b_p lo denotamos por

$$t_p = 2^{K^2+3K+1}.$$

En el siguiente lema se justifica la separación con ceros entre los bloques efectuada en la construcción de b_p .

Lema 4.0.1. Sean x, y, u y v números positivos tales que $x + y = u + v$. Supongamos que $1 \leq m < n$ son enteros y que los m -ésimos y los n -ésimos dígitos, de los desarrollos binarios, de x, y, u y v son todos ceros. Sean x', y', u' y v' los enteros cuyos dígitos $(m+1)$ -ésimos, $(m+2)$ -ésimos, ..., $(n-1)$ -ésimos son idénticos a los de x, y, u y v respectivamente, y el resto de los dígitos son ceros. Entonces $x' + y' = u' + v'$.

Demostración. Sea $x = \sum_{j=0}^{\infty} \delta_j^x 2^j$. Si denotamos por

$$\Delta_{g,h}^x = \sum_{j=g}^h \delta_j^x 2^j$$

entonces podemos expresar el desarrollo de x en la forma

$$\Delta_{0,m-1}^x + \delta_m^x 2^m + \Delta_{m+1,n-1}^x + \delta_n^x 2^n + \Delta_{n+1,\infty}^x.$$

Análogamente podemos hacer con $y, u, v, x + y, u + v$. En particular, escribimos

$$x' + y' = \Delta_{m+1,n-1}^x + \Delta_{m+1,n-1}^y, \quad (16)$$

$$u' + v' = \Delta_{m+1,n-1}^u + \Delta_{m+1,n-1}^v. \quad (17)$$

Observemos que $\Delta_{m+1,n-1}^x + \Delta_{m+1,n-1}^y = \Delta_{m+1,n-1}^{x+y} + \delta_n^{x+y} 2^n$, con $\delta_n^{x+y} = 0$, ó 1. En el caso $\delta_n^{x+y} = 0$, como $x + y = u + v$ implica que $\delta_n^{u+v} = 0$ de donde se deduce que

$$\Delta_{m+1,n-1}^u + \Delta_{m+1,n-1}^v = \Delta_{m+1,n-1}^{u+v} = \Delta_{m+1,n-1}^{x+y} = \Delta_{m+1,n-1}^x + \Delta_{m+1,n-1}^y.$$

Esto demuestra que $x' + y' = u' + v'$.

Para el otro caso procedemos de igual forma. $\delta_n^{x+y} = 1$, con $x + y = u + v$ implica que $\delta_n^{u+v} = 1$ de donde se deduce que

$$\Delta_{m+1,n-1}^u + \Delta_{m+1,n-1}^v = \Delta_{m+1,n-1}^{u+v} + 2^n = \Delta_{m+1,n-1}^{x+y} + 2^n = \Delta_{m+1,n-1}^x + \Delta_{m+1,n-1}^y.$$

Esto demuestra que $x' + y' = u' + v'$. Con lo cual está demostrado el lema. □

Lema 4.0.2. *La ecuación $b_p + b_s = b_q + b_r$, con $\{b_p, b_s\} \neq \{b_q, b_r\}$ es cierta si y sólo si $t_p + t_s = t_q + t_r$ y $\Delta_{lp} + \Delta_{ls} = \Delta_{lq} + \Delta_{lr}$, para todo l .*

Demostración. Es una consecuencia directa de la definición de b_p, t_p, Δ_{lp} y del lema anterior. □

Lema 4.0.3. *Si $b_p + b_s = b_q + b_r$ y $b_p > b_q \geq b_r > b_s$ entonces existen enteros $K \geq L$ tales que $p, q \in P_K, r, s \in P_L$, donde P_K es definido como en (10), y se cumple*

$$\lambda_p + \lambda_s = \lambda_q + \lambda_r. \quad (18)$$

Demostración. Por definición

$$\lambda_p = \sum_{l=0}^K \Delta_{lp} 2^{-l^2},$$

como $b_p + b_s = b_q + b_r$, se puede usar el lema 15, y así obtenemos

$$\Delta_{lp} + \Delta_{ls} = \Delta_{lq} + \Delta_{lr}, \quad 0 < l \leq K$$

y $t_p + t_s = t_q + t_r$. Los números t_p, t_s, t_q, t_r son potencias de 2, por lo tanto $t_p + t_s = t_q + t_r$, con $b_p > b_q \geq b_r > b_s$, sólo puede ser cierto si $t_p = t_q$ y $t_s = t_r$.

Las igualdades $t_p = t_q$ y $t_s = t_r$ implican que $p, q \in P_K$ y $r, s \in P_L$. Además, por la condición $b_p > b_q \geq b_r > b_s$ concluimos que $K \leq L$. □

Lema 4.0.4. *Si $b_p + b_s = b_q + b_r$ y $b_p b_q \leq b_r > b_s$, entonces para los números K y L del lema anterior, $p, q \in P_K, r, s \in P_L, K > L$, se cumple las siguientes desigualdades*

$$|\phi_p + \phi_s - \phi_q - \phi_r| < 8 \left(2^{-L^2} \right) \quad (19)$$

$$\sqrt{pqr s} > 2^{L^2-3} \quad (20)$$

$$(K-1)^2 > (\beta-1)(L-1)^2 + \beta(2L-4). \quad (21)$$

Demostración. La desigualdad (11) dice que $|\lambda_p| - \alpha\phi_p \leq 2^{-K^2} \leq 2^{-L^2}$, y de la desigualdad (18) tenemos $\lambda_p + \lambda_s = \lambda_s + \lambda_r$, combinando estos resultados, obtenemos

$$\begin{aligned} \alpha |\phi_p + \phi_s - \phi_q - \phi_r| &= |\alpha\phi_p - \lambda_p + \alpha\phi_s - \lambda_s + \lambda_q - \alpha\phi_q + \lambda_r - \alpha\phi_r| \\ &\leq |\alpha\phi_p - \lambda_p| + |\alpha\phi_s - \lambda_s| + |\lambda_q - \alpha\phi_q| + |\lambda_r - \alpha\phi_r| < 4 \left(2^{-L^2} \right). \end{aligned}$$

esta desigualdad junto con la condición $\frac{1}{2} < \alpha$ demuestra $|\phi_p + \phi_s - \phi_q - \phi_r| < 8 \left(2^{-L^2} \right)$.

La desigualdad (20) la demostraremos directamente de las propiedades de las propiedades de ϕ_j . Sea $a_j + ib_j = \sqrt{j}e^{i\phi_j}$, $j = p, q, r, s$. Multiplicando adecuadamente, vemos que existen dos números A y B tales que $A + iB = \sqrt{pqrs}e^{i\phi}$ con $\phi = \phi_p + \phi_s - \phi_q - \phi_r$. Observemos que $\phi \neq 0$, por ser la sucesión $\{\phi_p\}$ de Sidon. Esto implica que el número entero B es distinto de cero, por lo tanto

$$1 \leq B^2 = (pqrs) \sin^2(\phi) < pqrs |\phi|^2.$$

En vista de la desigualdad (19), $|\phi| < 8 \left(2^{-L^2} \right)$, concluimos que

$$\sqrt{pqrs} > \frac{1}{8} 2^{L^2}.$$

Para demostrar (22) combinamos las tres desigualdades siguientes, $(\sqrt{pq})^\beta < 2^{(K-1)^2}$, $(\sqrt{rs})^\beta < 2^{(K-1)^2}$ y $(\sqrt{pqrs})^\beta > 2^{L^2} - 3$ para obtener que

$$2^{(K-1)^2} 2^{(L-1)^2} > (\sqrt{pqrs})^\beta > 2^{\beta(L^2-3)}$$

Si de esta desigualdad igualamos los exponentes entonces tenemos

$$(K-1)^2 > \beta(L^2-3) - (L-1)^2 = (\beta-1)(L-1)^2 + \beta(2L-4).$$

□

Definamos la siguiente cantidad

$$J_{KL} = \# \left\{ p, q, r, s : p, q \in P_K; r, s \in P_L \text{ con } |\phi_p + \phi_s - \phi_q - \phi_r| < 8 \left(2^{-L^2} \right) \right\}$$

En particular J_{KL} contiene a las cuádruplas p, q, r, s con $p, q \in P_K$ y $r, s \in P_L$ que satisfacen $b_p + b_s = b_q + b_r$ y $b_p > b_q \leq b_r > b_s$, es decir los términos malos de la sucesión B_α . De manera que para hallar una primera estimación de estos términos malos, vamos a estimar a J_{KL} , para cualquier K y L .

Lema 4.0.5.

$$J_{KL} \ll 2^{2\gamma((K-1)^2 + (L-1)^2) - L^2} \quad \left(\gamma = \frac{1}{\beta} \right).$$

Demostración. Inicialmente, consideramos q, r y s fijos. Estimaremos la medida del conjunto

$$\left\{ p : |\phi_p + \phi_s - \phi_q - \phi_r| < 8 \cdot 2^{-L^2} \right\}$$

Recordemos que $2^{\gamma(K-2)^2} < p \leq 2^{\gamma(K-1)^2}$, como se deduce de la definición de K . Además, para cada p existen dos enteros únicos a_p, b_p tales que $a_p^2 + b_p^2 = p$. A cada entero p le asociamos el entero de Gauss $a_p + ib_p = \sqrt{p}e^{i\phi_p} = \omega_p$. De manera que estos p tienen asociados un único entero de Gauss ω_p contenido en el sector circular

$$\Gamma = \{ \omega \in \mathbb{C} : 0 \leq |\omega| \leq 2^{\frac{1}{2}\gamma(K-1)^2}, |\arg \omega + \phi_s - \phi_q - \phi_r| < 8 \cdot 2^{-L^2} \}.$$

Los argumentos de cada $\omega_p \in \Gamma$ son distintos, y por lo tanto los podemos ordenar:

$$\phi_{p_1} < \phi_{p_2} < \phi_{p_3} < \dots$$

A cada punto $\omega_{p_j} \in \Gamma$ les asociamos el triángulo $\triangle_j$ con vértices $\omega_{p_j}, \bar{0}, \omega_{p_{j+1}}$. Claramente los triángulos no tienen puntos interiores comunes y están contenidos en Γ . Así que

$$\sum_{\omega_{p_j} \in \Gamma} \text{área}(\triangle_j) \leq \text{área}(\Gamma) + 1.$$

Como el área de cualquier triángulo de vértices con coordenadas enteras, es a lo menos $1/2$. Concluimos que

$$\sum_{\omega_p \in \Gamma} 1 \leq 2 \text{área}(\Gamma) + 2$$

y así el $\text{área}(\Gamma) \leq 1$. Por lo tanto el número de ω_p contenido en Γ están acotado por

$$\left(2^{\frac{1}{2}\gamma(K-1)^2}\right)^2 2^{3-L^2} + 2 = O\left(2^{\gamma(K-1)^2} 2^{-L^2}\right).$$

Luego multiplicamos por el número de q que es menor que $2^{\gamma(K-1)^2}$, por el número de s que es menor que $2^{\gamma(L-1)^2}$ y por el número de r que es menor que $2^{\gamma(L-1)^2}$. Efectuando el producto termina la demostración. $\square$

4.3. ARGUMENTO PROBABILÍSTICO

La condición $|\phi_p + \phi_s - \phi_q - \phi_r| < 8 \cdot 2^{-L^2}$ es necesaria para hallar una solución de $b_p + b_s = b_q + b_r$, pero no es una condición suficiente. Ahora usaremos el parámetro α para obtener otras condiciones que permitirán mejores estimaciones para el número de términos malos de la sucesión B_α .

Lema 4.0.6. Si $b_p + b_s = b_q + b_r$ con $\{b_p, b_s\} \neq \{b_q, b_r\}$, $p, q \in P_K$ y $r, s \in P_L$, con $K > L$, se cumple

$$\left[2^{K^2} \alpha \phi_p\right] \equiv \left[2^{K^2} \alpha \phi_q\right] \pmod{2^{K^2-L^2}} \quad (22)$$

Demostración. Recordemos que $\alpha \phi_p = \sum_{j=1}^{\infty} \delta_{jp} 2^{-j}$, con $\delta_{jp} = 1$ ó 0 . Por lo tanto, como $K > L$ los términos de la derecha de la primera igualdad son todos números enteros, así tenemos

$$\left[2^{K^2} \alpha \phi_p\right] = \sum_{j=1}^{K^2} \delta_{jp} 2^{K^2-j} = \left(\sum_{j=L^2+1}^{K^2} \delta_{jp} 2^{K^2-j}\right) + 2^{K^2-L^2} \left(\sum_{j=1}^{L^2} \delta_{jp} 2^{L^2-j}\right)$$

es decir, que se cumple la siguiente congruencia

$$\left[2^{K^2} \alpha \phi_p\right] \equiv \sum_{j=L^2+1}^{K^2} \delta_{jp} 2^{K^2-j} \pmod{2^{K^2-L^2}}. \quad (23)$$

Del mismo modo podemos ver que

$$\left[2^{K^2} \alpha \phi_q\right] \equiv \sum_{j=L^2+1}^{K^2} \delta_{jq} 2^{K^2-j} \pmod{2^{K^2-L^2}}. \quad (24)$$

De manera que para concluir la demostración del lema es suficiente con probar que

$$\sum_{j=L^2+1}^{K^2} \delta_{jp} 2^{K^2-j} = \sum_{j=L^2+1}^{K^2} \delta_{jq} 2^{K^2-j} \quad (25)$$

Para demostrar esta igualdad usaremos los Δ_{mp} que definimos para $p \in P_K$ por

$$\Delta_{mp} = \begin{cases} \sum_{j=(m-1)^2+1}^{m^2} \delta_{mp} 2^{m^2-j} & \text{si } m \leq K \\ 0 & \text{si } m > K \end{cases}$$

para escribir

$$\sum_{j=(L)^2+1}^{K^2} \delta_{jp} 2^{K^2-j} = \sum_{m=L+1}^K \left(2^{K^2-m^2} \sum_{j=(m-1)^2+1}^{m^2} \delta_{jp} 2^{m^2-j} \right) = \sum_{j=L+1}^K \Delta_{mp} 2^{K^2-m^2}.$$

Del mismo modo lo hacemos usando q en lugar de p , tenemos

$$\sum_{j=L^2+1}^{K^2} \delta_{jq} 2^{K^2-j} = \sum_{j=L+1}^K \Delta_{mq} 2^{K^2-m^2}.$$

Así que la demostración se reduce a probar que $\Delta_{mp} = \Delta_{mq}$, para $L < m \leq K$. Ahora utilizaremos la hipótesis $b_p + b_s = b_q + b_r$ para justificar el uso del lema 4.0.2 que garantiza la igualdad

$$\Delta_{mp} + \Delta_{ms} = \Delta_{mq} + \Delta_{mr}.$$

Pero de la definición Δ_{mj} , sabemos que $\Delta_{ms} = \Delta_{mr} = 0$, para $L < m$. Por lo tanto $\Delta_{mp} = \Delta_{mq}$, $L < m \leq K$. Esto termina la demostración. $\square$

Si $b_p + b_s = b_q + b_r$, entonces el lema anterior dice que p y q satisfacen

$$\left[2^{K^2} \alpha \phi_p \right] \equiv \left[2^{K^2} \alpha \phi_q \right] \pmod{2^{K^2-L^2}} \quad (26)$$

Como la congruencia (26) depende del parámetro α , vamos a estimar la medida del conjunto que contiene a los α para los cuales se cumple (26).

Lema 4.0.7. Sea $K > L$ y $p, q \in P_K$, $p \neq q$ dados. Supongamos que existe por lo menos un par $r, s \in P_L$ y $\alpha \in [\frac{1}{2}, 1]$ tal que se cumple la ecuación $b_p + b_s = b_q + b_r$, con $\{b_p, b_s\} \neq \{b_q, b_r\}$. Entonces tenemos

$$\mu \left\{ \alpha : \left[2^{K^2} \alpha \phi_p \right] \equiv \left[2^{K^2} \alpha \phi_q \right] \pmod{2^{K^2-L^2}} \right\} \ll 2^{L^2-K^2} \quad (27)$$

donde μ es la medida de Lebesgue.

Demostración. Es claro que $[x] - [y] = [x - y] + 0$ ó 1 , lo que nos permite escribir la congruencia (26) en la forma

$$\left[2^{K^2} \alpha (\phi_p - \phi_q) \right] \equiv 0 \text{ ó } -1 \pmod{2^{K^2-L^2}} \quad (28)$$

Sean $M = 2^{K^2-L^2}$ y $T = \left| 2^{K^2} (\phi_p - \phi_q) \right|$.

Observemos que los números reales x que satisfacen que $[x] \equiv 0$ ó $-1 \pmod{M}$ ocupa un intervalo de medida 2 sobre cualquier intervalo de medida M . En particular, si tomamos $x = \alpha T$ concluimos

que los conjuntos de números α que satisfacen (28) ocupa un intervalo de medida $\frac{2}{T}$, sobre cualquier intervalo de medida $\frac{M}{T}$. El número de estos intervalos que intersecan al $[\frac{1}{2}, 1]$ no puede ser mayor que $1 + \frac{T}{2M}$. Por lo tanto

$$\mu \left\{ \alpha : \left[2^{K^2 \alpha \phi_p} \right] \equiv \left[2^{K^2 \alpha \phi_q} \right] \pmod{2^{K^2 - L^2}} \right\} \leq \left(\frac{2}{T} \right) \left(1 + \frac{T}{2M} \right).$$

Para terminar la prueba, veamos que

$$\left(\frac{2}{T} \right) \left(1 + \frac{T}{2M} \right) \ll 2^{L^2 - K^2}.$$

Del lema 4.0.4, ecuación (19), sabemos que

$$|\phi_s - \phi_r| - |\phi_p - \phi_q| \leq |\phi_p + \phi_s - \phi_q - \phi_r| < 8 \left(2^{-L^2} \right)$$

es decir

$$|\phi_s - \phi_r| - 8 \left(2^{-L^2} \right) \leq |\phi_p - \phi_q|. \quad (29)$$

Por otro lado, sabemos que existen dos números enteros únicos A y B tales que $A + iB = \sqrt{rs} e^{i(\phi_r - \phi_s)}$ y además $B \neq 0$. De lo contrario $A^2 = rs$ lo que es una contradicción, por ser r y s primos distintos. Tenemos

$$1 \leq B^2 = rs \sin^2(\phi_r - \phi_s) < rs |\phi_r - \phi_s|^2$$

y como $r^\beta < 2^{L^2}$ y $s^\beta < 2^{L^2}$ implica $|\phi_r - \phi_s| > \frac{1}{\sqrt{rs}} > 2^{-\frac{1}{\beta} L^2}$, si lo combinamos con (29) obtenemos la estimación

$$|\phi_p - \phi_q| \geq 2^{-\frac{1}{\beta} L^2} - 8 \cdot 2^{-L^2} \gg 2^{-\frac{1}{\beta} L^2}.$$

De esta manera hemos demostrado que

$$T \gg 2^{K^2 - \frac{1}{\beta} L^2} > M = 2^{K^2 - L^2}$$

Con esta estimación podemos terminar la demostración, puesto que

$$\frac{2}{T} \left(\frac{2M + T}{2M} \right) = \left(\frac{2}{T} + \frac{1}{M} \right) \ll \frac{1}{M} = 2^{L^2 - K^2}.$$

□

Lema 4.0.8. Sean $K > L$, $p, q \in P_K$, $p \neq q$ y $r, s \in P_L$ dados. Tenemos que

$$\mu(\{\alpha : b_p + b_s = b_q + b_r\}) \ll 2^{L^2 - K^2}$$

si $|\phi_p + \phi_s - \phi_q - \phi_r| \leq 8 \cdot 2^{-L^2}$ y $\mu(\{\alpha : b_p + b_s = b_q + b_r\}) = 0$ en otro caso.

Demostración. Si $|\phi_p + \phi_s - \phi_q - \phi_r| > 8 \cdot 2^{-L^2}$ el lema 4.0.4 implica que $\mu(\{\alpha : b_p + b_s = b_q + b_r\}) = 0$.

Si $|\phi_p + \phi_s - \phi_q - \phi_r| \leq 8 \cdot 2^{-L^2}$ puede ocurrir que $b_p + b_s = b_q + b_r$, lo que implica, usando el lema 4.0.6, que p y q satisfacen

$$\left[2^{K^2 \alpha \phi_p} \right] \equiv \left[2^{K^2 \alpha \phi_q} \right] \pmod{2^{2K^2 - L^2}}.$$

En resumen, si $|\phi_p + \phi_s - \phi_q - \phi_r| \leq 8 \cdot 2^{-L^2}$, tenemos

$$\mu(\{\alpha : b_p + b_s = b_q + b_r\}) \leq \mu\left\{\left[2^{K^2}\alpha\phi_p\right] \equiv \left[2^{K^2}\alpha\phi_q\right] \pmod{2^{K^2} - L^2}\right\} \quad (30)$$

$$\ll 2^{L^2-K^2}. \quad (31)$$

En la última estimación usamos la ecuación (27). □

Sea $G_{KL}(\alpha) = \#\{p, q, r, s : p, q \in P_K, r, s \in P_L, p \neq q, b_p + b_s = b_q + b_r\}$. Definamos

$$G_K(\alpha) = \sum_{L < K} G_{KL}(\alpha)$$

o equivalentemente

$$G_K(\alpha) = \#\{p, q, r, s : p, q \in P_K, b_p + b_s = b_q + b_r, b_p > b_q \geq b_r > b_s\}.$$

Nuestro interés es ver que el número de términos malos de la sucesión B_α no son muchos. Así que vamos a comparar $G_K(\alpha)$, que representa el número de $b_p, p \in P_K$ con $b_p + b_s = b_q + b_r$, y el número de elementos de P_K . Para calcular el cardinal de P_K , usaremos el Teorema del número primo para $p \equiv 1 \pmod{4}$, que dice

$$\pi'(x) \sim \frac{x}{2 \log x}$$

donde $\pi'(x)$ es el número de primos congruente con 1 (mod 4) que no supera a x . Así que

$$|P_K| = \pi'(2^{\gamma(K-1)^2}) - \pi'(2^{\gamma(K-2)^2}) \quad (32)$$

$$\begin{aligned} &= \pi'(2^{\gamma(K-1)^2}) \left(1 - \frac{\pi'(2^{\gamma(K-2)^2})}{\pi'(2^{\gamma(K-1)^2})}\right) \\ &\sim \frac{2^{\gamma(K-1)^2}}{(2^\gamma \log 2) K^2}. \end{aligned} \quad (33)$$

En los siguientes dos lemas vamos a calcular una cota superior para $\int_{1/2}^1 G_K(\alpha) d\alpha$. Esta estimación la usaremos para aplicar el lema de Borel-Cantelli y encontrar una cota superior para $G_K(\alpha)$. Esto lo veremos más adelante en la demostración del teorema de Ruzsa.

Lema 4.0.9. Para cada $K > L$ tenemos

$$\int_{\frac{1}{2}}^1 G_{KL}(\alpha) d\alpha \ll 2^{2\gamma((L-1)^2 + (K-1)^2) - K^2}.$$

Demostración. En vista de la definición de J_{KL} , para toda α se cumple que $G_{KL}(\alpha) \leq J_{KL}$, y por lo tanto, el lema 4.0.5 implica que para toda α se satisface

$$G_{KL}(\alpha) \ll 2^{2\gamma((K-1)^2 - (L-1)^2) - L^2}.$$

Por otro lado, el lema 4.0.8 implica que el conjunto de los α tal que $G_{KL}(\alpha) \neq 0$ es $\ll 2^{L^2 - K^2}$. Así

que

$$\int_{1/2}^1 G_{KL}(\alpha) d\alpha \leq \mu(\{\alpha : b_p + b_s = b_q + b_r\}) J_{KL} \quad (34)$$

$$\ll 2^{2\gamma((K-1)^2+(L-1)^2)-L^2} 2^{L^2-K^2}. \quad (35)$$

□

Lema 4.0.10.

$$\int_{\frac{1}{2}}^1 G_K(\alpha) d\alpha \ll 2^{\gamma(K-1)^2-2K}.$$

Demostración. De las definiciones de $G_K(\alpha)$ y $G_{KL}(\alpha)$, tenemos

$$G_K(\alpha) = \sum_{L \leq K} G_{KL}(\alpha).$$

Recordemos que el lema 4.0.4 dice que $b_p + b_s = b_q + b_r$ y $b_p > b_q \leq b_r > b_s$, entonces $(\beta-1)(L-1)^2 < (K-1)^2$. Por lo tanto, $G_{KL}(\alpha) \neq 0$ es posible sólo si $(L-1)^2 < \frac{(K-1)^2}{(\beta-1)}$. Usando el lema 4.0.9 y $(L-1)^2 < (K-1)^2/(\beta-1)$, tenemos

$$\int_{\frac{1}{2}}^1 G_K(\alpha) d\alpha \ll 2^Z$$

donde

$$Z = 2\gamma \left(1 + \frac{1}{(\beta-1)}\right) (K-1)^2 - K^2 = \left(\frac{2}{(\beta-1)} - 1\right) (K-1)^2 - 2K + 1.$$

Como $\beta = 1 + \sqrt{2}$, se cumple la igualdad

$$\frac{2}{\beta-1} - 1 = \frac{1}{\beta}$$

esto demuestra el lema.

□

4.4. DEMOSTRACIÓN DEL TEOREMA DE I. RUZSA

Usando el lema 4.0.10, tenemos

$$\begin{aligned} \mu \left(\left\{ \alpha : \frac{G_K(\alpha)}{2^{\gamma(K-1)^2-K}} \geq 1 \right\} \right) &= \int_{\frac{1}{2}}^1 \chi_{\left\{ \alpha : \frac{G_K(\alpha)}{2^{\gamma(K-1)^2-K}} \geq 1 \right\}} d\alpha \\ &\leq \int_{\frac{1}{2}}^1 \frac{G_K(\alpha)}{2^{\gamma(K-1)^2-K}} d\alpha \leq 2^{-K}, \end{aligned}$$

en consecuencia, para la suma tenemos

$$\sum_{k=1}^{\infty} \mu \left(\left\{ \alpha : \frac{G_K(\alpha)}{2^{\gamma(K-1)^2-K}} \geq 1 \right\} \right) < \infty$$

aplicando el lema de Borel-Cantelli sabemos que para casi todos los α existe K_α , tal que para todo $K \geq K_\alpha$ se cumple

$$G_K(\alpha) < 2^{\gamma(K-1)^2-K} \quad (36)$$

Fijamos uno de estos α y sea K_0 tal que para todos los $K > K_0$ se cumpla (36).

Por otro lado, por (32), sabemos que

$$|P_K| \sim \frac{2^{\gamma(K-1)^2}}{(\gamma \log 2)K^2}.$$

Esta equivalencia junto con (36), demuestran que el número de $p \in P_K$ tales que $b_p + b_s = b_q + b_r$ y $b_p > b_q \geq b_r > b_s$, no pueden ser muchos, ya que

$$G_K(\alpha) < 2^{\gamma(K-1)^2-K} < \frac{2^{\gamma(K-1)^2}}{(\gamma \log 2)K^2} < \frac{|P_K|}{2} \quad (37)$$

Para obtener nuestro conjunto de Sidon, procedemos de la siguiente manera:

1. Denotemos por R_K el conjunto formado por $p \in P_K$, para los cuales existen p, q, r y s que satisfacen $b_p + b_s = b_q + b_r$ y $b_p > b_q \geq b_r > b_s$. La desigualdad (37) demuestra que

$$|R_K| < \frac{|P_K|}{2}.$$

2. Para cada P_K , definamos el conjunto $Q_K := \{b_p : p \in P_K, p \notin R_K\}$. Del paso 1, sabemos que el cardinal de Q_K satisface

$$|Q_K| > \frac{|P_K|}{2}.$$

3. La sucesión $B = B_\alpha$ la vamos a definir por

$$B = \cup_{K > K_0} Q_K.$$

Por construcción se deduce que B es una sucesión de Sidon. Veamos ahora que la sucesión B tiene crecimiento deseado. Para ello, vamos a estimar el número de elementos de B menores que N , y demostramos que

$$B(N) = N^{\gamma+o(1)}.$$

Recordemos que $b_p = \sum_{l=1}^K \Delta_{lp} 2^{(l-1)^2+3l} + 2^{K^2+3K+1}$. De donde se deduce que

$$b_p < 2^{K^2+3K+2} < 2^{(K+2)^2}.$$

Por lo tanto, para $K = \lceil \sqrt{\log_2 N} - 2 \rceil$ y usando (32), tenemos que

$$\begin{aligned}
 B(N) &= \left| \bigcup_{L=K_0+1}^K Q_L \right| \\
 &> \sum_{L=K_0+1}^K \left(\pi' \left(2^{\gamma(L-1)^2} \right) - \pi' \left(2^{\gamma(L-2)^2} \right) \right) \\
 &= \frac{1}{2} \left(\pi' \left(2^{\gamma(K-1)^2} \right) - \pi' \left(2^{\gamma(K_0-1)^2} \right) \right) \\
 &\gg \left(\frac{1}{2} - \epsilon \right) \pi \left(2^{\gamma(K-1)^2} \right) \\
 &= \left(\frac{1}{2} - \epsilon \right) \frac{2^{\gamma(K-1)^2}}{(2\gamma \log_2) K^2} \sim N^{\gamma+o(1)}.
 \end{aligned}$$

En otro sentido, utilizando la estimación $b_p > 2^{K^2+3K} > 2^{(K+1)^2}$, podemos demostrar que

$$B(N) \ll N^{\gamma+o(1)}.$$

Con esto terminamos la demostración del teorema de I. Ruzsa.

□

Este trabajo fue propuesto por el profesor Javier Cilleruelo con quien tuve el orgullo de conversar sobre estos temas.

5. REFERENCIAS

Bose R.C. and Chowla S. (1962). *Theorems in additive theory of number*, Commentii mathematici helvetici, **37**, 141–147.

<https://www.e-periodica.ch/digbib/view?pid=com-001:1962:37#173>

Erdős P.(1954). *On a problem of Sidon in additive number theory*, Acta Scientiarum Mathematicarum Universitatis. Szegediensis **15**, 255–259.

<http://pub.acta.hu/acta/showCustomerVolume.action?noDataSet=true>

Erdős P. (1956). *Problems and results in additive number theory*, “Colloque théorie des nombres[1955. Bruxelles]” Liège, G. Thone; Paris, Masson, Centre Belge Recherche Mathématiques. 127–137. MR 79027, Zbl 0073.03102

Erdős P.,Turan P.(1941). *On a problem of Sidon in additive number theory, and sor related problems*. Journal of the London Mathematical Society, s1-16(4), 212–215.

DOI: <https://doi.org/10.1112/jlms/s1-16.4.212>

Ruzsa I. Z. (1998). *An infinite Sidon sequence*. Journal of Number Theory. **68**, 63–71.

<https://www.sciencedirect.com/journal/journal-of-number-theory/vol/68/issue/1>

Krückeberg F.(1961). *b₂-folgen und verwandte zahlenfolgen.* Journal für die reine und angewandte Mathematik, **206**, 53–60.

DOI: <https://doi.org/10.1515/crll.1961.206.53>

Komlós J., Ajtai and Szemerédi E. (1981). *A dense infinite Sidon sequence.* European Journal of Combinatorics **2**, 1–11.

DOI: [https://doi.org/10.1016/S0195-6698\(81\)80014-5](https://doi.org/10.1016/S0195-6698(81)80014-5)

Sidon S. (1932). *Ein satz über trigonometrische polynome und seine anwendung inder fourier-reihen.* Math. Ann. **106**, 536–539.

DOI: <https://doi.org/10.1007/BF01455900>

Stöhr A. (1955). *Gelöte undungelöst fragen über basen der natürlichen zahlenreihe, II.* Journal für die reine und angewandte Mathematik **194**, 111–140.

DOI: <https://doi.org/10.1515/crll.1955.194.111> 1975.

Zagier Don (1990). *A one-sentence proof that every prime $p \equiv 1 \pmod{4}$ is a sum of two squares.* Amer. Math. Monthly **97**, no. 2, 144,

doi:10.2307/2323918 <http://www.jstor.org/pss/2323918>

WATER QUALITY OF THE WASTEWATER TREATMENT PLANT OF THE CITY OF JIPIJAPA, ECUADOR

Dr. Rubén Cadenas*, Ing. Margarita Lino, Abog. Víctor Briones, Dr. Miguel Osejos

Environmental Engineering Career. Faculty of Natural Sciences and Agriculture. State University of the South of Manabí. Jipijapa, Manabí, Ecuador.

* Corresponding author: ruben.cadenas@unesum.edu.ec

Received: 12-6-2019 / Accepted: 17-9-2019 / Publicación: 31-12-2019

Academic Editor: Dr. Gilberto Colina

ABSTRACT

Due to the accelerated population growth, the excessive concentration in urban areas and climate changes, water is increasingly scarce. Currently, more than 2 billion people lack access to drinking water and the demand for water is expected to increase by almost a third by the year 2050. Faced with this situation, it is then imperative to save water. One way to save water is by recycling and reusing drainage water and urban wastewater, but these should be suitable for use and this information is obtained by analyzing its quality. The objective of this work was to determine the physical-chemical and bacteriological parameters that define the quality of the water from the wastewater treatment plant of Jipijapa, Ecuador. To do this, water samples from the plant were analyzed and the results obtained were compared with the values established by the current laws of Ecuador for an adequate use of treated water. It is concluded that the operations that were followed in the wastewater treatment plant of the city of Jipijapa, at the time of sampling, were not completely effective, which limited, or prevented their reuse.

Keywords: water quality, water purification, wastewater treatment, environmental modeling.

CALIDAD DEL AGUA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA CIUDAD DE JIPIJAPA, ECUADOR

RESUMEN

Debido al crecimiento acelerado de la población, a la excesiva concentración en zonas urbanas y a los cambios climáticos, el agua es cada vez más escasa. En la actualidad más de 2.000 millones de personas carecen de acceso al agua potable y se prevé que la demanda de agua aumente en casi un tercio para el año 2050. Ante esta situación, se hace entonces imperativo el ahorro del agua. Una forma de ahorrar agua es reciclando y reutilizando las aguas de drenaje y aguas residuales urbanas, pero estas deben ser adecuadas para su uso y esta información se obtiene al analizar su calidad. El objetivo del presente trabajo fue determinar los parámetros físico-químicos y bacteriológicos que definen la calidad del agua procedente de la planta de tratamiento de aguas residuales de Jipijapa, provincia de Manabí, Ecuador. Para ello se tomaron muestras de aguas las cuales fueron analizadas siguiendo los estándares internacionales. Los resultados obtenidos se compararon con los valores que establece la legislación ecuatoriana vigente para un uso adecuado del agua tratada. Se concluye que las operaciones o procesos que se siguieron en la planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Jipijapa, al momento del muestreo, no fueron del todo eficaces, lo que limitó, o impidió, su reúso.

Palabras clave: calidad del agua, purificación del agua, tratamiento de aguas servidas, modelo ambiental.



QUALIDADE DA ÁGUA DA USINA DE TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUAIS DA CIDADE DE JIPIJAPA, EQUADOR

RESUMO

Devido ao crescimento acelerado da população, à concentração excessiva em áreas urbanas e às mudanças climáticas, a água é cada vez mais escassa. Atualmente, mais de 2 bilhões de pessoas não têm acesso a água potável e a demanda por água poderia aumentar em quase um terço para o ano 2050. Diante dessa situação, é imperativo economizar a água. Uma maneira de economizá-la é reciclando e reutilizando tanto a água de drenagem, como as águas residuais urbanas. Não obstante, elas devem ser adequadas para ser aptas para o uso e essas informações são obtidas mediante análise de sua qualidade. O objetivo do presente trabalho foi determinar os parâmetros físico-químicos e bacteriológicos que definem a qualidade da água proveniente da estação de tratamento de águas residuárias de Jipijapa, província de Manabí, no Equador. Para este fim, amostras de água foram obtidas da estação de tratamento, que foram analisadas de acordo com os padrões internacionais. Os resultados obtidos foram comparados com os valores estabelecidos pela atual legislação equatoriana para um uso adequado da água tratada. Conclui-se que as operações ou processos que realizados na estação de tratamento de águas residuais da cidade de Jipijapa não são totalmente eficazes, o que limita, ou impede, a sua reutilização.

Palavras-chave: qualidade da água, purificação de água, tratamento de esgoto, modelo ambiental.

Citación sugerida: Cadenas, R., Lino, M., Briones, V., Osejos, M. (2019). Water quality of the wastewater treatment plant of the city of Jipijapa, Ecuador. Revista Bases de la Ciencia, 4(3), 41-54.

DOI:https://doi.org/10.33936/rev_bas_de_la_ciencia.v4i3.1838

Recuperado de: <https://revistas.utm.edu.ec/index.php/Basedelaciencia/article/view/1838>

Orcid IDs:

Rubén Cadenas: <https://orcid.org/0000-0002-3248-2767>

Gilberto Colina: <https://orcid.org/0000-0002-6623-0760>

1. INTRODUCTION

Looking for solutions to the current and future water crisis, the so-called Sustainable Development Goals (SDGs) have been proposed for the year 2030 in which the sustainable management of water is key to its achievement, especially Goal 6: Guarantee availability of water and its sustainable management and sanitation for all (Comisión Económica para América Latina y el Caribe [CEPAL], 2018). However, it is a well-known fact that, due to population explosion, urbanization and, probably, to climatic changes, water is increasingly scarce and its use must be prioritized for primary uses. Water scarcity, which "takes place when demand exceeds the supply of fresh water in a given area" (Food and Agriculture Organization of the United Nations [FAO], 2013) is a relative concept and dynamic, but it is also a social construction: all its causes are related to human intervention in the water cycle (FAO, 2013).

Due to the rapid growth of the world's population, the demand for water is expected to increase by almost one third by the year 2050 (United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization [UNESCO], 2018) and that 25% of the world's population will live in countries affected by chronic and repeated shortages of fresh water (CEPAL, 2018). Faced with a pattern of accelerated consumption, the growing deterioration of the environment and the impacts of climate change, it is then imperative to save water. One way to save water is to recycle and reuse drainage water and urban wastewater, which is becoming increasingly important in many parts of the world, especially in areas with scarce water. To be reused wastewater must be previously treated in order to avoid risks to public health, mainly in regard to its microbiological characteristics. The quality of the reused water depends on the sector or infrastructure that receives it; among them is the urban one, for example for irrigation of public parks, the industrial one, especially in the refrigeration systems and the agricultural in the irrigation of crops.

The quality criteria for the reuse of wastewater are established in the guidelines of the World Health Organization (WHO) and, in general, the countries that have a regulation on the reuse of wastewater have taken as reference the guidelines of WHO and the Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) in relation to maximum permissible limits of certain substances.

1.1. Wastewater treatment plants

Water after its use, either after covering the basic needs of the human being or those emitted as liquid waste, will be contaminated in one way or another. If it has been used for agricultural purposes it will contain pesticides, fertilizers and salts; if its use has been municipal, it carries human, pharmaceutical and detergent wastes; power plants discharge water that is at high temperatures. Of all of them, the

industrial sector contributes with chemical pollutants and organic waste (Raffo & Ruiz, 2014). All wastewater must be treated, both to protect public health and to preserve the environment.

Although the production of municipal wastewater is not always monitored and published on a regular basis, it is estimated that the percentage of municipal wastewater that is subjected to treatment is very low. This is an "evil" that afflicts not only Ecuador, but the entire Latin American and Caribbean region, where the planned use of treated wastewater is an exception, not the rule. This is due to low levels of environmental awareness, high level of income, lack of political priorities and the fact that the treatment plants installed do not work adequately due to overload or operation and maintenance problems. In the Latin American and Caribbean region there is an average installed capacity to treat more than 40% of the municipal wastewater generated (FAO, 2017). However, most of the wastewater is discharged into the sea without being used, or it reaches the watercourses and is reused downstream indirectly in irrigated agriculture, which poses serious risks to the health of the people and the environment.

As a national strategy for drinking water and sanitation, the government of Ecuador will be investing, for the period 2015-2024, US \$ 4.9 billion in works that will allow the treatment of all the wastewater of the ten main urban areas of Ecuador (Secretaría del Agua, 2017). Some of these works are already in operation, such as the wastewater treatment plant (WWTP) Quitumbe south of Quito which has the capacity to treat a flow of 100 L/s of wastewater (Metropolitan Public Company of Drinking Water and Sanitation [EPMAPS], 2017). At the beginning of 2017, the construction of the WWTP Las Esclusas, located south of Guayaquil, which will treat 100% of the wastewater collected in the southern sector of the city until the year 2050 began [Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Guayaquil [GAD] Guayaquil, 2017). Since 1999, Cuenca, the third largest city in the country, has the WWTP Ucubamba which treats 95% of wastewater from the city; other city, such as Tena, has, since November 2015, the most advanced wastewater treatment plant in the Amazon region of Ecuador (Davis, Gutiérrez & Serrano, 2016).

Before establishing the use, or reuse, that can be given to water, it is essential to determine a series of physical-chemical and biological parameters, by using standardized methods, in order to know if the value of these parameters is within the range established by legislation valid for the required use in order to guarantee the safe use of the treated wastewater, as well as for the management of environmental quality, specific regulations are available where the parameters to be analyzed and the acceptable limits of them are established.

According to the use that will be given to water, the Ecuadorian law defines quality criteria for those waters destined for human consumption and domestic use prior to its purification; water for the preservation of aquatic and wild life in cool or warm fresh water and in marine and estuarine waters;

water for agricultural irrigation; water for livestock use; waters for recreational purposes and waters for aesthetic use. These criteria are established in **Tables 1 to 7** of the Environmental Quality and Effluent Discharge Standard: Water Resources, from the Unified Text of Secondary Legislation of Environment (TULSMA) of Ecuador (Ministerio del Ambiente [MA], 2015). Likewise, it establishes general norms of discharge of effluents, both to the sewerage system and to the bodies of water and permissible limits, dispositions and prohibitions for discharge of effluents to the sewage system and to a body of water or receiver. These limits are tabulated in **Tables 8 and 9** of the TULSMA (MA, 2015).

The Jipijapa canton is located in the southern part of the Province of Manabí in Ecuador. The coverage in drinking water in the city of Jipijapa, which is the largest population within the canton of the same name, is 90% of the urban area; the remaining 10% of the population, located in the periphery of the city, lacks this resource so they are supplied by tanker trucks.

Water availability, particularly scarcity, is influenced by water quality (UNESCO, 2018). Thus, the improvement of water quality allows its reuse. Jipijapa has a wastewater treatment plant which has been in operation since October 2004; it was designed to have a useful life of 20 years and so that after water treatment these could be used to irrigate crops, which would benefit the farmers in the area.

All environmental legislation, in particular the Ecuadorian legislation, establishes limit values or acceptable ranges for the use or reuse of water. The present work is intended to determine the quality of the water released from the Jipijapa WWTP and if it complies with national standards to be reused.

2. MATERIALS AND METHODS

To determine the quality of the water from the wastewater treatment plant (WWTP) of Jipijapa, province of Manabí, two (02) water samples were taken for physical-chemical analysis; they were collected on August 20, 2016, in the dry season of the year. A sample was collected near the entrance of the plant (M1) and the other near the exit point of the plant (M2). The sampling points were set according to the opinion of a specialist of the WWTP. The samples were collected in polyethylene bottles of 1 L capacity. Sampling, transport and conservation of the samples was carried out according to the recommendations of the American Public Health Association (APHA), and the analysis was carried out in the laboratories of Industrial Products and Services C. LTDA. from the city of Guayaquil. The physical determinations performed were pH, settleable solids, total suspended solids (TSS) and temperature. The chemical determinations were presence of Zn, Ni, Pb, Hg, hexavalent chromium Cr^{+6} and Cd metals, chemical oxygen demand (COD), biochemical oxygen demand (BOD5) and organochlorine and organophosphorus compounds, while microbiological analysis was used to determine coliforms, fecal coliforms, salmonellas and staphylococcus.

3. RESULTS AND DISCUSSION

Wastewater is characterized by its physical, chemical and biological composition and its possible reuse depends on the values presented by these parameters in order to determine if they meet the limitations required by current legislation for proper use. **Table 1** shows the physical-chemical parameters determined for the water samples taken at two points (M1 and M2) of the Jipijapa wastewater treatment plant, with an expanded U uncertainty with a coverage factor of 2 (confidence level: 95.45%).

Table 1. Physical-chemical parameters of the water obtained from the Jipijapa wastewater treatment plant.

Parameter (Unit)	Result		U K=2±	Analysis method
	M1	M2		
Potential of Hydrogen (pH)	8.1	8.1	0.2	SM 4500 H ⁺ B
Temperature (°C)	26.1	26.3	2.5	SM 2550 B
Sedimentable solids (mL/L)	<1.0	<1.0	80%	SM 2540 F
Total Suspended Solids; TSS (mg/L)	130	164	10%	EPA 160.2
Biochemical Oxygen Demand; BDO ₅ (mg/L)	166	140	20%	SM 5210 B
Chemical Oxygen Demand; COD (mg/L)	365	297	31%	EPA 410.4
Oils and fats (mg/L)	4.9	3.3	11%	EPA 413.2
Zinc; Zn (mg/L)	<0.20	<0.20	15%	SM 3111 B
Nickel; Ni (mg/L)	<0.10	<0.10	20%	SM 3111 B
Lead; Pb (mg/L)	<0.20	<0.20	40%	EPA 420.1
Cadmium; Cd (mg/L)	<0.01	<0.01	12%	SM 3111B
Hexavalent Chromium; Cr ⁶⁺ (mg/L)	<0.10	<0.10	-----	SM 3500 Cr B
Organochlorine compounds (mg/L)	<0.02	<0.02	-----	EPA 8081
Organophosphorus compounds (mg/L)	<0.02	<0.02	-----	EPA 8141
Mercury; Hg (mg/L)	<0.002	<0.002	-----	SM 3141 C

All environmental legislations establish limit values or acceptable ranges for the use or reuse of waters. **Table 2** shows the average results for the physical-chemical and bacteriological parameters obtained from the water samples of the Jipijapa WWTP and the limit values for these parameters established in the Ecuadorian environmental legislation for the different water uses.

3.1. Water pH analysis

The pH value obtained in both sampling points indicates that the water is slightly alkaline and is between the normal values for urban spills and between the acceptable values, established in the Ecuadorian legislation, for waters destined to the irrigation of vegetables, legumes consumed in crude, cereals, and tree crops (Registro Oficial, 2015). However, the type of crop to irrigate depends on the other physical-chemical values.

Table 2. Average results for the physical-chemical and bacteriological parameters obtained from the water samples from the Jipijapa WWTP and the limit values for these parameters established in the Ecuadorian environmental legislation for the different water uses (MA, 2015).

Parameter (Unit)		Results of this work	Maximum limits allowed				
			Agricultural use in irrigation (1)	Livestock use (2)	Recreational purposes (3)	Discharge of water effluents	
						Fresh Water	Sea water
Potential of Hydrogen (pH)		8.1	6.5-8.4	6-9	6.5 - 8.5	6-9	6-9
Temperature (°C)		26.2				<35	<35
Sedimentable Solids (mL/L)		<1.0				1.0	1.0
Total Suspended Solids (mg/L)		147	Absence	Absence	Absence	100	100
Biochemical Oxygen Demand: BOD ₅ (mg/L)		153	<10	<10	<10	100	100
Chemical Oxygen Demand: COD (mg/L)		331				160	160
Oil and fats (mg/L)		4.1	Absence		0.3	30.0	30.0
Metals	Zn (mg/L)	<0.20	2.0	5.0	0.0	5.0	10.0
	Ni (mg/L)	<0.10	0.2	0.5	0.0	2.0	2.0
	Pb (mg/L)	<0.20	0.05	0.05	0.0	0.2	0.5
	Cd (mg/L)	<0.01	0.05	0.05	0.0	0.02	0.2
	Cr ⁶⁺ (mg/L)	<0.10	0.1	1.0	0.0	0.5	0.5
	Hg (mg/L)	<0.002	0.001	0.01	0.0	0.005	0.01
Organochlorine compounds (mg/L)		<0.02	0.2	0.2	0.2	0.05	0.05
Organophosphorus compounds (mg/L)		<0.02	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Coliforms (NMP/mL)		240	10	50	20 ^a . 40 ^b	100	100
Fecal coliforms (NMP/mL)		150	<10	<10	2 ^a . 10 ^b	20	20
Salmonellas sp		Absence					
Staphylococcus sp (UFC/mL)		0					

1) Water for agricultural use is that used for the irrigation of crops and other related or complementary activities established by the competent bodies. The use of wastewater for irrigation is prohibited except if it is done with treated wastewater and that meet the quality levels established in the Standard.

(2) Waters for livestock use are those used for the animal trough, as well as other related and complementary activities established by the competent agencies.

(3) The use of water for recreational purposes is understood as the use in which there is: a) primary contact, such as in swimming and diving, including medicinal baths and b) secondary contact such as in water sports and fishing.

3.2. Temperature

In general, the physical-chemical and biological parameters that characterize water are related to each other. For example, temperature affects both the biological activity and the amount of dissolved gases in the wastewater. The temperature values in the wastewater will depend on the area and time of year in which the measurement is made. In the case of the samples obtained, its average temperature was 26.2 °C. This value is in correspondence with the average temperature of the time of year in which the sample was taken; is lower than the limit established in the TULSMA (MA, 2015) for discharges to a body of fresh water and is included in the optimal temperature range for the development of bacterial activity which is between 25 °C and 35 °C (Ramos & Zúñiga, 2008).

3.3. Solids

Sedimentable solids are the cause of turbidity because they produce light scattering through the water sample and could damage irrigation engines and obstruct irrigation devices if the water is reused for irrigation; for this reason the water must have very low turbidity and few solids in suspension (FAO, 2017). In the case of the samples taken, the values of total suspended solids (TSS) obtained were 130 mg/L and 164 mg/L (average 147 mg/L) and less than 1.0 mg/L for the settleable solids. The TSS average exceeds the maximum limit allowed by the current legislation for discharge of effluents to bodies of fresh water, while in the case of settleable solids the value obtained is lower than the established limit (see **table 2**).

3.4. Organic matter: Biochemical Oxygen Demand (BOD) and Chemical Oxygen Demand (COD)

For M1 sampling point, the values of 166 mg/L and 365 mg/L were obtained for BOD₅ and COD respectively, while for M2 sampling point were obtained the values 140 mg/L and 297 mg/L for BOD₅ and COD respectively (average BOD₅ 153 mg/L, average COD 331 mg/L). The values obtained for both parameters are higher than the limit values established in the standard (see **table 2**).

A parameter generally used to identify the biodegradability of the different types of water, is the COD/BOD₅ ratio, which allows to determine how much of the COD (organic and inorganic matter contained in the sample) of a water is susceptible to being purified by the microorganisms in 5 days (BOD₅) (Ardila, Reyes, Arriola & Hernández, 2012). In our case, there is a COD/BOD₅ ratio = 2.17 (average). This value is similar, within the limits of the experimental error, to the value of 2.08 that would be obtained when it is not completely degradable matter, as is the case, precisely, of urban waste water in which 80% of the COD it produces degradable organic matter and the remaining 20% is produced by inerts (Ronzano & Dapena, 2015). The value indicates that most of the COD (organic and inorganic matter) present in the water can be oxidized biochemically (Ardila *et al.*, 2012).

3.5. Oils and fats

Another parameter used to measure organic pollutants is the concentration of oils and fats from food residues or industrial processes (automobiles, lubricants, etc.). Oils and fats are difficult to metabolize by bacteria and float forming films in water that can interfere with aerobic and anaerobic processes if

they occur in excessive amounts. In the case of the samples studied, the values measured at both sampling points (4.1 mg/L, average) are well below the maximum limit established for effluent discharges.

3.6. Heavy metals

Heavy metals are those chemical elements with high density, toxic in low concentrations and that in some of their forms can represent a serious environmental problem. The metals analyzed in this work: cadmium (Cd), mercury (Hg), lead (Pb), zinc (Zn), nickel (Ni) and chromium (Cr) are considered among the most interesting due to their high toxicity relative to water quality (Singh, Kumar, Agrawal & Marshal, 2010).

3.6.1. Cd, Hg and Pb

Some studies that evaluate the contamination of heavy metals in food, meat and milk, have found that cadmium, mercury and lead are three of the elements that due to their impact on health and concentration must be carefully evaluated and monitored (Reyes, Vergara, Torres, Díaz & González, 2016). **Table 3** shows the maximum permissible limits for heavy metals concentration established by the European Union and FAO according to the type of use that is given to water (Reyes *et al.*, 2016).

Table 3. Maximum permissible limits of concentration of heavy metals (Hg Cd and Pb) in water for different uses established by the European Union and FAO. The values marked with an asterisk (*) correspond to those established in the Ecuadorian environmental legislation (MA, 2015).

Water use	Unit	Hg	Cd	Pb
Human consumption	mg/L	0.001	0.01	0.05
Discharges into seas and estuaries		0.0001	0.05	0.01
Agricultural use		0.001	0.01	0.05
Livestock use		0.01	0.05	0.05
Discharges into bodies of freshwater		0.005*	0.02*	0.2*

As can be seen in **table 3**, in the case of discharge of effluents to freshwater bodies, the values established in the Ecuadorian legislation are, with the exception of the Cd, notably higher than those indicated by the FAO. However, the values obtained in the sampling points of the Jipijapa WWTP for these three metals are lower than the maximum permissible limits in Ecuador for discharges in freshwater courses.

3.6.2. Zn, Ni, Cr⁶⁺

The problem of heavy metals such as nickel (Ni) and zinc (Zn), particularly present in the wastewater used for irrigation, lies mainly in that they can be accumulated in agricultural soils. They are dangerous because of their non-biodegradable character, the toxicity they exert on different crops and their bioavailability. Normally, low chromium (Cr) levels are present in the environment. Under normal conditions, exposure to Cr does not represent any toxicological risk. Trivalent chromium Cr³⁺, or Cr (III), is an essential nutrient and is relatively non-toxic to humans. However, hexavalent chromium, Cr⁶⁺ or Cr (VI), is a danger to the health of humans. The values obtained for these metals at the sampling points are <0.20 mg/L, <0.10 mg/L and <0.10 mg/L, for Zn, Ni and Cr⁶⁺, respectively. The results obtained for the metals under study, except Pb, allows discarding them as possible contaminants, since these elements have concentrations lower than the values established in the Ecuadorian legislation for different water uses (see **table 2**).

3.7. Pollutants pesticides: Organochlorine and organophosphorus compounds

Organochlorine pesticides represented by dichlorodiphenyltrichloroethane (DDT) and hexachlorocyclohexane (HCH) are compounds that were widely used worldwide for agricultural activities and for the control of disease vectors such as malaria (Waliszewski *et al.*, 2013). They have a relatively acute toxicity and accumulate in adipose tissue with long-term adverse effects. On the other hand, organophosphorus compounds have multiple applications and utilities, including agriculture as pesticides. They have chemical characteristics similar to each other and are inhibitors of the enzyme acetylcholinesterase. Around 75% of organophosphates are metabolized to measurable substances, called dialkyl phosphates that are not considered toxic, but they are markers of exposure to organophosphates (Ríos & Solari, 2013). In the case of analysis, the values obtained for these compounds were, for both compounds, <0.02 mg/L, lower than the maximum limits established in the Ecuadorian standard.

3.8. Bacteriological contamination

Considering its reuse, the presence of coliform bacteria in the wastewater represents a potential threat to public health, to aquatic flora and fauna, and this could indicate that disinfection was not sufficient

to eliminate all pathogenic organisms associated with the waste of human and animal origin. Table 4 shows the results obtained from the bacteriological analysis of wastewater from the Jipijapa WWTP.

In the analyzed samples, there is no presence of the genus *Salmonella* or *Staphylococcus*; however, compared with the values shown in **table 2**, the coliform levels obtained are very high and indicate the presence of bacteria of fecal origin.

Table 4. Bacteriological analysis of a water sample from the Jipijapa WWTP.

Parameters (Unit)	Result
Coliforms (NMP/mL)	240
Fecal Coliforms (NMP/mL)	150
<i>Salmonellas</i> sp	Absence
<i>Staphylococcus</i> sp (UFC/mL)	0

4. CONCLUSIONS

The availability of water, particularly scarcity, is influenced by the quality of it. Thus, an efficient treatment of wastewater allows its reuse. However, in general, the results show that the operations or processes that were followed, at the time of sampling, at the wastewater treatment plant in the city of Jipijapa, to reduce the concentration of pollutants from the discharges of wastewater, were not all effective. In particular, the presence of fecal coliform bacteria in water is an indicator of the insufficient disinfection process and also of the recent and frequent contamination of water with human and animal feces. This limits or prevents their reuse in other areas and even represents a source of contamination if they are discharged without control to the Jipijapa river.

The risk to health and limiting the reuse of wastewater treated in the WWTP comes from the excessive concentration of fecal coliforms, which could be an indicator of the presence of pathogenic microorganisms and which shows that the disinfection process in the WWTP of Jipijapa is not efficient. These values could be in correspondence with the high values shown by BOD and COD, because the high organic content favors the growth of bacteria and fungi.

5. REFERENCIAS

- Ardila, A., Reyes, J., Arriola, E. & Hernández, J. (2012). Remoción fotocatalítica de DQO, DBO5 y COT de efluentes de la industria farmacéutica. Revista Politécnica 8(15), 9-17. Retrieved from <http://revistas.elpoli.edu.co/index.php/pol/article/view/316/291>
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (2018). 2030 Agenda and the Sustainable Development Goals: An opportunity for Latin America and the Caribbean. Retrieved from https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/40155/S1700334_es.pdf?sequence=15&disAllowed=y.

- Davis, M., Gutiérrez, M. & Serrano, J. (2016). Know your people: Social research and water recycling system design with communities in the Amazon. *Procedia Engineering* 145, 1258–1266, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.04.162>.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (2013). Afrontar la escasez de agua. Un marco de acción para la agricultura y la seguridad alimentaria. Retrieved from <http://www.fao.org/3/a-i3015s.pdf>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (2017). Water reuse for agriculture in Latin America and the Caribbean: State, principles and needs, 2017. Retrieved from <http://www.fao.org/3/a-i7748s.pdf>
- Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Guayaquil (2017). Planta de tratamiento de aguas residuales “Las Esclusas” que se construye al sur de Guayaquil beneficiará a un millón de habitantes. Retrieved from <http://www.guayaquil.gob.ec/noticias-actuales/1096>
- Metropolitan Public Company of Drinking Water and Sanitation (2017). Alcaldía de Quito. Retrieved from <https://www.aguaquito.gob.ec/?p=2934>
- Ministerio del Ambiente (2015). Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente. Libro VI, Anexo 1. Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Recurso Agua. Retrieved from <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/ecu112180.pdf>.
- Raffo, E. & Ruiz, E. (2014). Caracterización de las aguas residuales y la demanda bioquímica de oxígeno. *Revista de la Facultad de Ingeniería Industrial* 17(1), 71-80. Retrieved from <http://www.autores.redalyc.org:9081/articulo.oa?id=81640855010>.
- Ramos, E. & Zúñiga, D. (2008). Efecto de la humedad, temperatura y pH del suelo en la actividad microbiana a nivel de laboratorio. *Ecología Aplicada* 7(1 y 2), 1-8. Retrieved from <http://www.scielo.org.pe/pdf/ecol/v7n1-2/a15v7n1-2.pdf>
- Registro Oficial (2015). Edición Especial. Año III. No. 387. Retrieved from http://gis.uazuay.edu.ec/ierse/links_doc_contaminantes/REGISTRO%20OFICIAL%20387%20-%20AM%20140.pdf
- Reyes, Y., Vergara, I., Torres, O., Díaz, M. & González, E. (2016). Contaminación por metales pesados: Implicaciones en salud, ambiente y seguridad alimentaria. *Revista Ingeniería, Investigación y Desarrollo* 16(2), 66-77. Retrieved from http://revistas.uptc.edu.co/revistas/index.php/ingenieria_sogamoso/article/view/5447/4518
- Ríos, J.C. & Solari, S. (2010). Biomonitorización de plaguicidas: ¿Una necesidad del país? *Revista Médica de Chile* 138(4), 515-518. Retrieved from https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-98872010000400019&lng=en&dnrm=iso&dtlng=en.
- Ronzano, E. & Dapena, J. L. (2015). Tratamiento biológico de las aguas residuales. Madrid, España: Ediciones Díaz de Santos.
- Secretaría del Agua (2017). Estrategia Nacional de Agua Potable y Saneamiento. Retrieved from <http://www.agua.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/07/REVISTA-SENAGUA.compressed.pdf>
- Singh, A., Kumar Sharma, R., Agrawal, M. & Marshal, F. (2010). Risk assessment of heavy metal toxicity through contaminated vegetables from waste water irrigated area of Varanasi. *Tropical Ecology* 51(2S), 375-387.

Retrieved from
<http://environmentportal.in/files/Risk%20assessment%20of%20heavy%20metal%20toxicity.pdf>

Training Consortium for the Management of Renewable Natural Resources (2014). Towards a transforming Water Law. Water Resources Forum. Retrieved from <http://www.camaren.org/documents/archivo5>.

United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (2018). United Nations World Report on the Development of Water Resources. Nature-based solutions for water management. Retrieved from <http://unesdoc.unesco.org/images/0026/002614/261494s.pdf>

Waliszewski, S., Caba, M., Gómez-Arroyo, S., Villalobos-Pietrini, R., Martínez, A., Valencia-Quintana, R., Lozano, M. & Regalado, M. (2013). Niveles de plaguicidas organoclorados en habitantes de México. Revista Internacional de Contaminación Ambiental. 29, 121-131. Retrieved from <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=37028958007>.

EVALUACIÓN NUTRICIONAL Y FISICOQUÍMICA DEL QUESO AMASADO FABRICADO EN LA PROVINCIA DEL CARCHI, ECUADOR

MSc. Miguel Ángel Anchundia*, MSc. Christiam Jácome, PhD. Francisco Domínguez, MSc. Freddy Torres

Carrera de Ingeniería en Alimentos, Facultad de Industrias Agropecuarias y Ciencias Ambientales, Universidad Politécnica Estatal del Carchi (UPEC). Tulcán, Ecuador.

*Autor para correspondencia: miguel.anchundia@upec.edu.ec; manchundia.icta.ucv@gmail.com

Recibido: 27-6-2019 / Aceptado: 1-9-2019 / Publicación: 31-12-2019

Editor Académico: Dr. Stalin Santacruz

RESUMEN

En la producción de queso amasado se debe asegurar la calidad, inocuidad y aspectos nutritivos para cumplir con las expectativas de los consumidores y con la Norma INEN 1528 y 3067. El incumplimiento de las especificaciones en dicha normativa conlleva a la heterogeneidad en estos valores, competencia desleal y al no cumplimiento de los requerimientos de los consumidores. Con la finalidad de determinar la homogeneidad y el cumplimiento de la Norma INEN 1528 y 3067 de los quesos amasados producidos por diez fábricas de la Provincia del Carchi, se analizaron los parámetros nutricionales de carbohidratos totales, proteína, grasa cruda, contenido calórico y las características fisicoquímicas de humedad, cenizas, cloruro de sodio, pH, acidez y actividad de agua, según la metodología oficial. Las comparaciones de los parámetros estudiados fueron realizadas mediante un análisis de varianza de una vía y posteriormente con el estadístico de Prueba de Rangos Múltiples para determinar las diferencias entre medias. Se encontraron diferencias estadísticamente significativas en los parámetros estudiados ($p \leq 0,05$) a excepción de las cenizas y actividad de agua (aw). El contenido de macronutrientes hace que el queso amasado sea una buena fuente de proteínas, lípidos y carbohidratos totales. Las diferencias encontradas no permiten un aporte de nutrientes en cantidades constantes a los consumidores, así mismo, sugieren la no estandarización de la leche y falta de procesos estándares utilizados en los procesos en las distintas plantas procesadoras, lo cual conlleva al no cumplimiento de las normativas legales referentes a los quesos frescos (Normas INEN 1528 y 3067).

Palabras clave: Características fisicoquímicas, evaluación nutricional, queso amasado, queso fresco.

NUTRITIONAL AND PHYSICOCHEMICAL EVALUATION OF KNEADED CHEESE MANUFACTURED IN THE PROVINCE OF CARCHI, ECUADOR

ABSTRACT

In the production of kneaded cheese, the quality, safety and nutritional aspects must be ensured to compliance the expectations of consumers and with the INEN Standard 1528 and 3067. Failure to comply with the specifications in standard leads to heterogeneity in these values, unfair competition and non-compliance with consumer requirements. In order to determine the homogeneity and compliance with the legal regulations of the kneaded cheese produced by ten factories of the Province of Carchi, the nutritional parameters of total carbohydrates, protein, crude fat, caloric content and the physicochemical characteristics of humidity, ash, sodium chloride, acidity, pH and water activity were analyzed,

according to the official methodology. The comparisons of the analyzed parameters were carried out by an analysis of variance of one way and later with the Multiple Range Test Statistic to determine the differences between means. Statistically significant differences were found in the studied parameters ($p \leq 0.05$) with the exception of ash and water activity (aw). The macronutrients content makes the kneaded cheese a good source of proteins, lipids and total carbohydrates. The differences found do not allow a contribution of nutrients in constant amounts to consumers; likewise, suggest the non-standardization of milk and lack of standard processes used in the processes in the different processing plants, which leads to non-compliance with regulations legal requirements for fresh cheeses (INEN Standards 1528 and 3067).

Keywords: Physicochemical characteristics, nutritional evaluation, kneaded cheese, fresh cheese.

AVALIAÇÃO NUTRICIONAL E FÍSICO-QUÍMICA DO QUEIJO AMASADO MANUFATURADO NA PROVÍNCIA DE CARCHI, EQUADOR

RESUMO

Na produção de queijo amassado, a qualidade, a segurança e os aspectos nutricionais devem ser garantidos para atender às expectativas dos consumidores e às normas INEN 1528 e 3067. O descumprimento das especificações contidas no regulamento determina heterogeneidade nesses valores, concorrência injusta e não cumprimento das exigências do consumidor. A fim de determinar a homogeneidade e a conformidade com os regulamentos do queijo amassado produzido por dez fábricas na província de Carchi foram analisados parâmetros nutricionais os de carboidratos totais, proteína, gordura bruta, o conteúdo calórico e características físico-químicas de humidade, cinzas, cloreto de sódio, pH, acidez e atividade de água, de acordo com a metodologia oficial. As comparações dos parâmetros estudados foram realizadas por meio de uma análise de variância de uma via e, posteriormente, com a estatística de teste de intervalo múltiplo para determinar as diferenças entre as médias. Diferenças estatisticamente significantes foram encontradas nos parâmetros estudados ($p < 0,05$), exceto para as cinzas e atividade de água (aw). O teor de macronutrientes torna o queijo amassado uma boa fonte de proteínas, lipídios e carboidratos totais. As diferenças encontradas não permitem uma contribuição de nutrientes em quantidades constantes para os consumidores, assim como sugerem a não padronização do leite e a falta de processos padronizados utilizados nos processos nas diferentes plantas de processamento, o que leva à não conformidade com os regulamentos requisitos legais para queijos frescos (normas INEN 1528 e 3067)

Palavras-chave: Características físico-químicas, avaliação nutricional, queijo amassado, queijo fresco

Citación sugerida: Anchundia, M., Jácome, C., Domínguez, F., Torres, F. (2019). Evaluación nutricional y fisicoquímica del queso amasado fabricado en la Provincia del Carchi, Ecuador. Revista Bases de la Ciencia, 4(3), 55-66. DOI: https://doi.org/10.33936/rev_bas_de_la_ciencia.v4i3.1857

Recuperado de: <https://revistas.utm.edu.ec/index.php/Basedelaciencia/article/view/1857>

Orcid IDs:

Miguel Ángel Anchundia: <https://orcid.org/0000-0003-3445-7757>

Christiam Jácome: <https://orcid.org/0000-0001-8725-9995>

Francisco Domínguez: <https://orcid.org/0000-0002-5176-9624>

Freddy Torres: <https://orcid.org/0000-0002-3949-0663>

Stalin Santacruz: <https://orcid.org/0000-0003-0801-9876>

1. INTRODUCCIÓN

El queso amasado Carchense está considerado dentro de la denominación de queso fresco y se define como un alimento no madurado obtenido de la cuajada no cortada, por acidificación natural, molido, amasado, moldeado en moldes perforados y espolvoreado de sal de consumo humano; desmenuzado manualmente, moldeado y prensado (INEN 1528, 2012).

Este producto lácteo se puede consumir solo, o bien acompañando productos de panificación y utilizarse en diversas preparaciones culinarias, en forma de rallado, cortado en dados, en rodajas, entre otras, por consiguiente, es considerado un alimento importante en la dieta de jóvenes y adultos mayores. Es una fuente rica en macronutrientes tales como proteínas y grasas. Dentro de los micronutrientes aporta minerales tales como calcio, hierro y fósforo, así como también vitaminas, aminoácidos esenciales y pequeños péptidos que tienen efecto sobre la salud (Balogun, Kolawole, Joseph, Adebisi, & Ogunleye, 2016; Rashidinejad, Bremer, Birch & Oey, 2017).

Según Benavides (2015), el consumo de queso mensual en el Ecuador es de 1,36 millones de kilos de todas las variedades, lo cual representa un mercado de \$7,03 millones. En lo que refiere al consumo familiar alcanza las 2,5 unidades de 500 gramos; para ello una familia debe destinar en promedio \$6,5 por mes. El 81,5% del mercado de quesos corresponde a la variedad del fresco, dentro del que se encuentra el amasado. Este comportamiento de consumo, hace de este producto una de las bases de la alimentación de la población carchense. Debido a la alta demanda de este alimento, los productores deben producir y comercializar las cantidades demandadas por la población, de tal forma de asegurar la disponibilidad de este producto a los consumidores.

En la producción de quesos para la comercialización, es importante asegurar que sean de calidad, inocuos y nutritivos, de tal forma de cumplir con las expectativas de los consumidores en lo que se refiere a las características sensoriales, no causar enfermedad, proporcionar en parte las cantidades de nutrientes requeridos y cumplir con la normativa ecuatoriana que rige la producción de este tipo de alimento (Martínez, 2018a).

En la Provincia del Carchi, existen plantas de procesamiento pequeñas y medianas que aún utilizan procesos artesanales para la producción de queso amasado y su posterior comercialización. Estas industrias por lo general elaboran estos alimentos de forma empírica, utilizando técnicas rudimentarias, procesos no controlados y con escaso o poco control de calidad aplicado en el procesamiento y manejo del queso (Benavides, 2015).

Lo antes mencionado, además de disminuir su vida útil, conlleva al incumplimiento de las especificaciones establecidas en la Norma INEN 1528 y 3067, heterogeneidad en valores de estos

parámetros y competencia desleal con otros productos en el mercado local, así como el no cumplimiento de los requerimientos de los consumidores (Calampa, Fernández y Bernal, 2019).

El contenido de proteínas y grasas, además de los parámetros fisicoquímicos de humedad, pH y actividad de agua (*aw*) debe ser determinado en quesos amasados como parte de los indicadores utilizados para evaluar su calidad y estabilidad como producto final (Vásquez et al., 2012). A su vez, se encuentran relacionados con la calidad de la materia prima, procesamiento y almacenamiento (Calampa, Fernández y Bernal, 2018).

Entre los estudios relacionados con queso fresco amasado fabricados en la provincia del Carchi, se puede señalar a los siguientes:

Martínez (2018b) llevó a cabo el estudio de la formulación de queso amasado fermentado y bajo en grasa para la empresa Prodalsan, Carchi, Ecuador. En este trabajo se determinaron algunos parámetros fisicoquímicos, tales como, contenido de grasa, humedad, pH y textura. Así mismo, Benavides (2015) evaluó parámetros de calidad como humedad, grasa cruda y pH.

Por otro lado, Martínez (2018a) llevó a cabo el estudio denominado impacto de tres alternativas de corte y moldeo del queso amasado, analizando parámetros microbiológicos y la dureza del queso amasado producido. También Martínez y Narváez (2013) realizaron análisis bromatológicos, microbiológicos y sensoriales en queso fresco formulados con pimientos y ají.

En estas investigaciones solo se determinaron algunos parámetros fisicoquímicos en el queso amasado, no se realizó la evaluación nutricional de los mismos. Por lo cual, es necesario complementar estos estudios con los parámetros faltantes. Teniendo en cuenta la verificación del cumplimiento de los parámetros establecidos en la normativa legal nacional, así como, la evaluación de la homogeneidad en la calidad nutricional y fisicoquímica.

Literatura científica nacional e internacional referente a otros quesos frescos, donde se toman en cuenta aspectos nutricionales y fisicoquímicos son los referidos por, Calampa, Armstrong y Bernal (2019); Matera *et al.* (2018); Pulido, Pinzón y Díaz, (2018), Díaz *et al.* (2017); Laurindo, Tonial, do Prado, Morés, de Castro (2017); Castro, Atencia, Bermúdez, Sánchez y Padilla (2016); Cedeño (2015); Guzmán, Mayorga y Mejía (2015); Elsamani, Habbani, Babiker, Ahmed (2014) y Sant'Ana *et al.* (2013).

Por lo antes expuesto, el objetivo del presente estudio es la evaluación nutricional y fisicoquímica del queso amasado fabricado en la Provincia del Carchi, Ecuador.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Muestreo

El muestreo fue realizado en el 60% de las plantas procesadoras de queso amasado ubicadas en la provincia del Carchi, correspondiendo a 10 plantas distribuidas de la siguiente manera, 2 plantas ubicadas en el Cantón Tulcán, 1 en el Cantón San Pedro de Huaca, 6 en el Cantón Montufar y 1 en el Cantón Espejo, Provincia del Carchi, Ecuador. Las muestras fueron recolectadas al final del proceso productivo, tomando muestras por triplicado en cada planta, con un peso entre 250 y 500 gramos. Las muestras fueron identificadas, empacadas en fundas de polietileno y trasladadas bajo condiciones de refrigeración hasta el laboratorio de análisis de alimentos de la Universidad Politécnica Estatal del Carchi para su análisis inmediato. La codificación de las mismas se realizó de acuerdo al origen de la planta de procesamiento de lácteos en P1, P2, P3, hasta P10.

Caracterización Nutricional y Fisicoquímica

La determinación de humedad fue realizada de acuerdo a la Norma NTE INEN-ISO 5534 (2013), mientras que la proteína cruda siguiendo la metodología descrita en la norma NTE INEN-ISO 8968-1 (2014), la materia grasa por el método de Gerber-Van Gulik reportado por Guzmán, Mayorga y Mejía (2015), cenizas (Método 930.30. AOAC, 2005), carbohidratos totales por diferencia ($100 - (\% \text{humedad} + \% \text{proteína cruda} + \% \text{grasa cruda} + \% \text{cenizas})$), el contenido calórico se estimó utilizando los factores de conversión de Atwater.

El análisis de actividad de agua (a_w) fue realizado mediante un medidor de agua directo de marca Novasina LabSwit-aw, el pH por el método 981.12 utilizando un potenciómetro Marca Mettler Toledo, la acidez titulable expresada en porcentaje de ácido láctico de acuerdo al método 942.15b y el cloruro de sodio según el método 971.19 de la AOAC (2005).

Se tomaron como valores de referencia para las especificaciones en queso amasado, los establecidos en la Norma INEN 1528 (2015) e INEN 3067 (2016). Los resultados de carbohidratos totales, cenizas, grasa cruda y proteína cruda fueron expresados en porcentaje (%) en base seca.

Análisis Estadístico

Las determinaciones fueron realizadas por triplicado. Los resultados obtenidos fueron analizados estadísticamente mediante un análisis de varianza (ANOVA) de una vía utilizando el Software Statgraphics Centurion XVI.I, con la finalidad de determinar las diferencias de los parámetros estudiados entre las plantas procesadoras de queso amasado, posteriormente se realizó la Prueba de Rangos Múltiples para determinar las diferencias entre medias. El nivel de confianza utilizado fue de 95%.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la **Tabla 1**, se muestran los resultados de la caracterización nutricional del queso amasado proveniente de las diez plantas procesadoras. Al comparar los resultados obtenidos para los macronutrientes, tales como carbohidratos totales, proteínas y grasa cruda, se observa que para el primer componente hubo una diferencia estadísticamente significativa ($p \leq 0,05$) para las muestras provenientes de las plantas P1, P2, P4, P5, P7 y P8, siendo el mayor contenido el de la muestra proveniente de la P8 con 32,46%.

Tabla 1. Composición nutricional de los quesos amasados elaborados en la Provincia del Carchi

Muestra	Carbohidratos* Totales (%)	Proteína Cruda (%)	Grasa Cruda (%)	Energía* (kcal/100g)
P1	25,38 ± 0,19a	29,61 ± 0,37c	42,35 ± 0,38c	600,00 ± 1,12a
P2	8,08 ± 1,15f	37,56 ± 0,66d	51,84 ± 0,59d	648,92 ± 0,19e
P3	25,57 ± 1,96ab	32,43 ± 0,29a	39,10 ± 1,31a	582,86 ± 1,02bc
P4	20,24 ± 1,20g	32,84 ± 0,26a	44,28 ± 0,99a	609,87 ± 0,92f
P5	12,99 ± 0,17h	35,14 ± 0,19e	48,96 ± 0,02e	633,13 ± 0,00g
P6	24,78 ± 0,93abc	30,26 ± 0,08b	42,24 ± 1,03b	600,34 ± 1,12ad
P7	23,05 ± 1,42c	31,53 ± 0,25f	42,79 ± 1,35f	602,42 ± 1,01ad
P8	32,46 ± 0,95d	26,84 ± 0,02g	38,14 ± 1,04g	580,44 ± 1,12bc
P9	26,40 ± 0,85abc	30,43 ± 0,28b	40,37 ± 0,46b	590,63 ± 0,02b
P10	32,14 ± 1,28d	26,06 ± 0,31h	39,24 ± 0,65h	585,80 ± 0,12b

Los valores corresponden al promedio de tres determinaciones ± la desviación estándar. Las codificaciones de P1, P2.... P10 corresponden a las diez plantas de procesamiento de queso amasado muestreadas. Letras diferentes en la misma columna muestran diferencias significativas a un nivel de confianza del 95%. * La Norma INEN 1528, (2012) e INEN 3067, (2016) no establecen rangos para estos indicadores.

El contenido encontrado en este indicador muestra heterogeneidad de las plantas al procesar este tipo de queso. La normativa nacional, no establece valores de referencia para el contenido de carbohidratos totales, sin embargo, los resultados encontrados son mayores que los reportados por Pulido, Pinzón y Tarazona (2018); Martínez y Narváez (2013) y menores que los reportados por Elsamani et al. (2014).

En lo que respecta al contenido de proteína y grasa cruda, hubo diferencias estadísticamente significativas para las muestras, a excepción de las provenientes de las plantas de procesamiento P3 y P4. Los mayores contenidos de proteínas y grasa fueron para la planta P2 con 37,56 y 51,84% respectivamente.

Las Normas INEN establecen valores mínimos de proteínas de 18% y de grasa cruda de 20%, por lo cual las muestras en estudio cumplen con estos parámetros. Por otro lado, la Norma INEN 1528 (2012) hace una clasificación en base al contenido de grasa cruda, por lo cual el queso amasado puede ser clasificado como graso si su contenido graso es superior a 45 y menor que 60%, estando dentro de esta

denominación la muestra P2. Las otras muestras de queso pueden ser considerados como semigrasos o bajos en grasa ya que contienen valores superiores a 20 y menores que 45% de grasa.

El contenido de proteínas es mayor que los encontrados por Calampa, Armstrong y Bernal, (2019); Matera *et al.* (2018); Pulido, Pinzón y Díaz (2018) y Sant'Ana *et al.* (2013). En referencia, a la concentración de grasa obtenida, la misma es similar a lo reportado por Martínez (2018b) en quesos amasados, quien reportó valores de 50% de grasa, pero mayor que los valores de Benavides (2015); Pulido *et al.* (2018) y Cedeño (2015).

Con referencia al contenido de energía, se encontró diferencia estadísticamente significativa ($p \leq 0,05$) para las muestras provenientes de las plantas de procesamiento P1, P2, P4 y P5, siendo la muestra P2 la que aporta mayor contenido energético, con 648,92 kcal/100 g. Los valores de energía son mayores que los indicados en la GABA del Ecuador (2018) para quesos frescos (245 kcal/g), Pulido *et al.* (2018) (282,27 kcal/100 g) y Martínez y Narváez (2013) (275,66 y 284,50 kcal/100 g).

Los valores de macronutrientes encontrados indican que el queso amasado es una buena fuente de proteínas, grasas, carbohidratos y energía ya que los valores reportados son mayores que los de otros quesos frescos estudiados.

Los resultados de los parámetros nutricionales encontrados muestran heterogeneidad entre las plantas productoras del queso amasado, lo cual podría afectar la disponibilidad de estos nutrientes, así como el aporte energético en la población más susceptible, cuando se incorpora el queso en la dieta, ya que el consumidor en su decisión de compra confía en que todos los quesos amasados aporten la misma cantidad de macronutrientes, lo cual debe ser garantizado por los productores de este tipo de alimentos de la Provincia del Carchi. En este apartado, Benavides (2015) señala que la variación en estos parámetros son indicativos de que la calidad de la leche no se controla, en consecuencia, la variabilidad observada en los resultados puede ser explicada por este factor.

El contenido de proteínas afecta a las características de textura y al rendimiento del queso. Así mismo, la variación en el contenido de grasa hace que las características de textura varíen, de tal forma, que cuando el contenido de grasa es alto, el queso presentara menor firmeza y mayor elasticidad, por el contrario, cuando el contenido de grasa es bajo, será más duro y rígido (Ramírez y Vélez, 2012).

Los resultados de la caracterización físicoquímica se muestran en la **Tabla 2**. En la misma se observa que el parámetro cenizas, no presentó diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$). Por otro lado, el contenido de humedad fue diferente para las muestras P5, P6, P7, P9 y P10 ($p \leq 0,05$), siendo la muestra que contiene mayor cantidad de humedad la P5 con 59,15%. En este aspecto se puede considerar a estos quesos en la categoría de semiduros ya que contiene valores de humedad superior a 55 y menor a 65% (P1, P5 y P6) y quesos duros ya que contienen valores superiores a 40 y menores

que 55% (P2, P7, P8, P9 y P10). Esto demuestra ambigüedad para la clasificación ya que un mismo tipo de queso puede estar incluido dentro de dos denominaciones.

Tabla 2. Composición fisicoquímica de los quesos amasados elaborados en la Provincia del Carchi

Muestra	Humedad (%)	Cenizas* (%)
P1	55,53 ± 0,40a	2,66 ± 0,05a
P2	53,22 ± 0,05b	2,52 ± 0,08a
P3	55,02 ± 0,44a	2,91 ± 0,44a
P4	55,58 ± 0,37a	2,65 ± 0,05a
P5	59,15 ± 0,02c	2,91 ± 0,07a
P6	56,21 ± 0,11d	2,72 ± 0,14a
P7	54,42 ± 0,42e	2,63 ± 0,09a
P8	53,68 ± 0,30b	2,56 ± 0,08a
P9	52,31 ± 0,25f	2,80 ± 0,50a
P10	49,45 ± 0,40g	2,57 ± 0,39a

Los valores corresponden al promedio de tres determinaciones ± la desviación estándar. Las codificaciones de P1, P2... P10 corresponden a las diez plantas de procesamiento de queso amasado muestreadas. Letras diferentes en la misma columna muestran diferencias significativas a un nivel de confianza del 95%. * La Norma INEN 1528, (2012) e INEN 3067, (2016) no establecen rangos para este indicador.

Otros aspectos relacionados al alto contenido de humedad, son su efecto sobre la vida útil y el almacenamiento del producto, debido al incremento de la posibilidad de pérdida del agua de hidratación de las proteínas cuando no se utiliza refrigeración, la cual conlleva a la pérdida de firmeza por la compactación e interacción de las mezclas de proteínas que conforman al queso amasado (Castro *et al.*, 2016; Ramírez y Vélez, 2012).

El contenido de cenizas fue ligeramente superior a los indicados por Pulido *et al.* (2018); Sant'Ana *et al.* (2013) y menor que los valores obtenidos por Martínez y Narváez (2013). Se señala que los principales componentes de esta determinación son el calcio, fósforo y trazas de hierro (Pulido *et al.*, 2018).

Con respecto al contenido de humedad, son similares a los reportado por Martínez (2018b) (52,34% de humedad) para el caso de la muestra P9, inferior para la P10 y superior para las muestras restantes, así mismo, son similares al rango de valores reportados por Benavides (2015) y menores a los reportados por Pulido, Pinzón y Tarazona (2018).

En la **Tabla 3**, se muestran los resultados para los indicadores fisicoquímicos para pH, acidez titulable, cloruro de sodio y actividad de agua. Para el primer indicador, hubo diferencia estadísticamente significativa ($p \leq 0,05$) para las muestras P2, P3, P5, P6, P7 y P9. El mayor valor de este parámetro fue para la muestra P8 con 6,80.

Tabla 3. Composición fisicoquímica de los quesos amasados elaborados en la Provincia del Carchi

Muestra	pH*	Acidez Titulable* (% ácido láctico)	Cloruro de Sodio (%)	a _w *
P1	6,78 ± 0,01a	0,48 ± 0,02a	2,56 ± 0,17a	0,98 ± 0,01a
P2	6,53 ± 0,01c	0,45 ± 0,03f	2,76 ± 0,04b	0,97 ± 0,02a
P3	6,59 ± 0,04d	0,50 ± 0,01a	2,69 ± 0,28bc	0,97 ± 0,00a
P4	6,76 ± 0,02ab	0,41 ± 0,02b	1,92 ± 0,01g	0,97 ± 0,01a
P5	6,64 ± 0,01e	0,40 ± 0,02bc	2,66 ± 0,13abcd	0,98 ± 0,01a
P6	6,86 ± 0,01f	0,37 ± 0,01d	2,50 ± 0,02ade	0,98 ± 0,01a
P7	6,67 ± 0,01g	0,38 ± 0,00cde	2,43 ± 0,11ae	0,98 ± 0,01a
P8	6,80 ± 0,00a	0,38 ± 0,02cde	2,98 ± 0,10f	0,98 ± 0,01a
P9	6,70 ± 0,01h	0,38 ± 0,01cde	2,99 ± 0,09f	0,97 ± 0,00a
P10	6,76 ± 0,01ab	0,38 ± 0,01g	2,21 ± 0,03h	0,97 ± 0,00a

Los valores corresponden al promedio de tres determinaciones ± la desviación estándar. Las codificaciones de P1, P2.... P9 corresponden a las nueve plantas de procesamiento de queso amasado muestreadas. Letras diferentes en la misma columna muestran diferencias significativas a un nivel de confianza del 95%. * La Norma INEN 1528, (2012) e INEN 3067, (2016) no establecen rangos para estos indicadores.

Los resultados de pH son similares a los indicados por Castro *et al.* (2015) y son superiores a los de Martínez (2018b), Calampa *et al.* (2018) y menor que Guzmán *et al.* (2015). Al respecto se indica que los quesos son susceptibles al deterioro y al crecimiento de bacterias patógenas ya que pueden crecer a valores de pH cercano a la neutralidad (Benavides, 2015; Castro *et al.*, 2016). Así mismo, es un factor determinante de la textura, a pH superiores al punto isoelectrico (pH=4,7) se obtendrán quesos con mayor humedad, más elásticos, menos compactos, y desarrollo de sabores amargos durante su almacenamiento (Ramírez y Vélez, 2012).

Con respecto a la acidez, los resultados mostraron diferencia estadísticamente significativa ($p \leq 0,05$) para las muestras P2, P4, P6, y P10. Los resultados encontrados son menores que los indicados por Calampa *et al.* (2018) y Castro *et al.* (2016). Este indicador refleja las condiciones de elaboración del queso (Ramírez y Vélez., 2012), y hace referencia a la acción de las bacterias que descomponen la lactosa hasta ácido láctico. Otro factor que afecta la acidez, es la capacidad de sinéresis y su relación con la textura del queso, a mayor acidez mayor será la sinéresis del queso y mayor textura final (Ramírez y Vélez, 2012).

Para el contenido de cloruro de sodio hubo diferencias estadísticamente significativas para las muestras ($p \leq 0,05$), a excepción de las P8 y P9. El mayor contenido de cloruro de sodio fue para la muestra P9 con 2,99%. En lo que respecta a la actividad de agua, no hubo diferencias estadísticamente significativas entre las muestras en estudio. Los valores de cloruro de sodio están dentro del límite máximo de 4% establecido por la Norma INEN 3067 (2016).

Los valores encontrados son similares a los mostrados por Ramírez y Vélez (2012) quienes indican que los quesos blancos contienen entre 1,8 y 3% de NaCl. Por otro lado, son menores a los indicados por

Calampa *et al.* (2018). Estas diferencias en concentraciones de sal, tal como lo señalan Ramírez, Aguirre, Aristizabal, Castro (2017) son un indicativo de que no existe un proceso tecnológico bien definido y por ende ningún control en el agregado de las proporciones de sal en el proceso productivo del queso amasado. Así mismo, este parámetro debe ser tomado en cuenta ya que es importante para la aceptación sensorial de los quesos amasados.

En lo que refiere a la a_w , no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre las muestras, el valor de este parámetro fue de 0,98. Los resultados son similares a los mostrados por Castro *et al.* (2016). Alimentos con alta actividad de agua, son considerados alimentos perecederos y que pueden permitir el crecimiento de bacterias deteriorativas y de bacterias patógenas por contaminación postproceso. En el caso de los quesos frescos se indican 10 días de vida útil bajo condiciones de almacenamiento refrigerado (4°C).

4. CONCLUSIONES

El aporte de proteínas, grasa cruda y carbohidratos totales hacen del queso amasado una buena fuente de estos macronutrientes en comparación con otros quesos frescos. Las diferencias encontradas en los parámetros nutricionales pueden afectar la disponibilidad de estos nutrientes, así como el aporte energético en la población más susceptible, cuando se incorpora el queso en la dieta.

La variación de los parámetros fisicoquímicos puede afectar la calidad de los quesos amasados y por ende que los mismos sean diferentes en términos de textura, sabor, vida útil y conservación de estos alimentos, aun cuando se trate de un solo tipo de queso. Así mismo, permiten inferir la falta de estandarización de las materias primas, la insuficiencia de procesos tecnológicos bien definidos y la carencia de control de procesos.

A pesar de existir ambigüedad en la clasificación de algunas muestras en términos de macronutrientes y algunos parámetros fisicoquímicos, se cumple la Normativa Nacional vigente para la elaboración de queso amasado.

Por estas razones, los productores deben estandarizar y controlar la calidad de la materia prima, formulaciones y procesos, para obtener una calidad más homogénea en términos de atributos nutricionales y fisicoquímicos, lo cual se traduciría en una mayor competitividad de las empresas dedicadas a la producción de este tipo de quesos, permanencia en el mercado y a la vez en una mayor rentabilidad para sus negocios.

5. REFERENCIAS

AOAC (2005). Official Method Analysis of the Association of Official Analytical Chemitry. Washington, DC, USA.

- Arguello, P., Lucero, O., Castillo, G., Escobar, S., Albuja, A., Gallegos, J., Carrascal, A. 2015. Calidad microbiológica de los quesos artesanales elaborados en zonas rurales de Riobamba (Ecuador). *Perspectiva* 16(18), 65-74. Recuperado de <http://www.revistas.upagu.edu.pe/index.php/PE/article/view/376>
- Balogun, MA., Kolawole, FL., Joseph, JK., Adebisi, TT., & Ogunleye, OT. (2016). Effect of fortification of fresh cow milk with coconut milk on the proximate composition and yield of warankashi, a traditional cheese. *Croatian journal of food science and technology*, 8(1), 10-14; doi: <https://doi.org/10.17508/CJFST.2016.8.1.02>
- Benavides, E. G. (2015). Evaluación de la calidad sanitaria de quesos amasados elaborados artesanalmente en el cantón Tulcán. Repositorio del centro de investigación, Transferencia Tecnológica y Emprendimiento (CITTE-UPE) Artículo Investigación Código: (CI-06-2015). Recuperado de <http://repositorio.upec.edu.ec:8080/handle/123456789/469>
- Calampa, L., Fernández, A., y Bernal, W. (2019). Evaluación de la calidad físicoquímica y microbiológica de queso fresco en las cuencas lecheras de la Región Amazonas, Perú. *Agroindustrial Science*, 8(2), 117-121; doi: <http://dx.doi.org/10.17268/agroind.sci.2018.02.06>
- Castro, A. D., Atencia, O. O. P., Bermúdez, S. C., Sánchez, N. J. V., & Padilla, M. L. O. (2016). Detección de *Listeria spp* y *Salmonella spp* en queso y su relación con las características físicoquímicas. *Revista Politécnica*, 12(23), 91-98. Recuperado de <http://revistas.elpoli.edu.co/index.php/pol/article/view/903>
- Cedeño, M. A. (2015). *Calidad del queso fresco en diferentes lugares de procedencias y lugares de comercialización en Quevedo* (Bachelor's thesis), Universidad Técnica Estatal de Quevedo (UTEQ), Quevedo, Ecuador.
- Díaz, P. E., Valladares Carranza, B., Gutiérrez Castillo, A. D. C., Arriaga Jordan, C. M., Quintero-Salazar, B., & Velázquez Ordoñez, V. (2017). Caracterización de queso fresco comercializado en mercados fijos y populares de Toluca, Estado de México. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 8(2), 139-146; doi: <http://dx.doi.org/10.22319/rmcp.v8i2.4419>
- Elsamani, M. O., Habbani, S. S., Babiker, E. E., & Ahmed, I. A. M. (2014). Biochemical, microbial and sensory evaluation of white soft cheese made from cow and lupin milk. *LWT-Food Science and Technology*, 59(1), 553-559; doi: 10.1016/j.lwt.2014.04.027
- GABAS del Ecuador (Guías Alimentarias Basadas en Alimentos del Ecuador). (2018). Ministerio de Salud Pública del Ecuador y Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Documento Técnico de las Guías Alimentarias Basadas en Alimentos (GABA) del Ecuador. GABA-ECU 2018. Quito-Ecuador.
- Gúzman, L. G., Mayorga, N. A., y Mejía, C. F. (2015). Evaluación de parámetros físicos, químicos y microbiológicos del queso fresco prensado producido en la región Junín, Perú. *Apuntes de Ciencia & Sociedad*, 5(2), 280-286; doi: <http://dx.doi.org/10.18259/acs.2015039>
- Laurindo, J., Tonial, I. B., do Prado, N. V., Morés, S., y de Castro Cislighi, F. P. (2017). COMPOSIÇÃO PROXIMAL, COR E QUALIDADE LIPÍDICA DE QUEIJO AZUL FRESCO E MATURADO. *Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes*, 72(3), 163-173; doi: 10.14295/2238-6416.v72i3.613
- Martínez, FM., Narváez, RY. (2013). *Utilización de 3 variedades de pimiento y 3 variedades de ají fresco y deshidratado para la elaboración de queso fresco prensado* (Tesis de grado). Universidad Politécnica Estatal del Carchi (UPEC), Tulcán, Ecuador.
- Martínez, LA. (2018b). *Formulación de queso amasado, fermentado y bajo en grasa para la empresa Prodalsan, Carchi-Ecuador* (Master's thesis). Universidad de las Américas, Quito, Ecuador.
- Martínez, P. G. (2018a). *Impacto de tres alternativas de corte y moldeo del queso amasado* (Master's thesis). Universidad de las Américas, Quito, Ecuador.

- Matera, J., Luna, A. S., Batista, D. B., Pimentel, T. C., Moraes, J., Kamimura, B. A., Ferreira, B.S, Silva, H.L., Mathias, S.P., Esmerino, E.A., Freitas, M. Q., Raices, R.S., Quintério, S.L., Sant'Ana, A.S., Silva, M.C., & Cruz, A.G. (2018). Brazilian cheeses: A survey covering physicochemical characteristics, mineral content, fatty acid profile and volatile compounds. *Food research international*, 108, 18-26; doi:10.1016/j.foodres.2018.03.014
- Normativa Técnica Ecuatoriana INEN 1528 (2012). Norma General para Quesos Frescos no Madurados Requisitos. Quito, Ecuador.
- Normativa Técnica Ecuatoriana INEN 3067 (2016). Quesos elaborados con mezcla de leche. Requisitos. Quito, Ecuador.
- Normativa Técnica Ecuatoriana INENISO 5534 (2013). Queso y queso fundido-determinación del total contenido en sólidos (método de referencia) (IDT). Quito, Ecuador.
- Normativa Técnica Ecuatoriana INENISO 8968-1 (2014). Leche y productos lácteos—determinación del contenido de nitrógeno—parte 1: método kjeldahl y cálculo de la proteína bruta (ISO 8968-1:2014 | idf 20-1:2014, mod. Quito, Ecuador.
- Pulido, R., Pinzón, D. M., y Tarazona Díaz, M. P. (2018). Caracterización nutricional, microbiológica y sensorial de queso fresco. *Nutrición clínica y dietética hospitalaria*, 38(3), 74-79; doi:10.12873/383tarazon
- Rashidinejad, A., Bremer, P., Birch, J., & Oey, I. (2017). Nutrients in Cheese and Their Effect on Health and Disease. In R.S. Watson, R.J. Collier, V.R. Preddy. (Ed.), *Nutrients in Dairy and their Implications on Health and Disease* (pp. 177-192). London: United Kingdom: Academic Press.
- Ramírez, C., y Vélez, J. F. (2012). Quesos frescos: propiedades, métodos de determinación y factores que afectan su calidad. *Temas selectos de Ingeniería en Alimentos*, 6(2), 131-148. Recuperado de https://www.researchgate.net/profile/Carolina_Ramirez_Lopez/publication/303959697_Quesos_frescos_propiedades_metodos_de_determinacion_y_factores_que_afectan_su_calidad/links/57601b6208ae227f4a3ee94e/Quesos-frescos-propiedades-metodos-de-determinacion-y-factores-que-afectan-su-calidad.pdf
- Ramírez, J., Aguirre, J., Aristizabal, V., Castro, S. (2017). La sal en el queso: diversas interacciones. *Agronomía Mesoamericana*, 28(1), 303-316. Recuperado de: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=43748637024>
- Sant'Ana, A. M. S., Bezerril, F. F., Madruga, M. S., Batista, A. S. M., Magnani, M., Souza, E. L., & Queiroga, R. C. R. E. (2013). Nutritional and sensory characteristics of Minas fresh cheese made with goat milk, cow milk, or a mixture of both. *Journal of dairy science*, 96(12), 7442-7453; doi: <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2013-6915>
- Sarangid, B. C. (2015). *Evaluación de la calidad sensorial y nutritiva del queso fresco elaborado con sustitución parcial de aceite de sacha inchi (Plukenetia volubilis L.)* (Doctoral dissertation). Universidad Técnica de Ambato (UTA). Ambato, Ecuador.
- Vásquez, N., Duran, L., Sánchez, C., y Acevedo, I. (2012) Evaluación de las características fisicoquímicas y microbiológicas del queso blanco a nivel de distribuidores, estado Lara, Venezuela. *Zootecnia Tropical*, 30(3), 217-223; Recuperado de <http://www.scielo.org.ve/pdf/zt/v30n3/art01.pdf>

EFFECTO DE LA HUMEDAD DE ALIMENTACIÓN Y TEMPERATURA DE EXTRUSIÓN SOBRE EL CONTENIDO NUTRICIONAL DE UN SNACK A BASE DE MAÍZ, CHOCHO Y PAPA

MSc. Armando Manosalvas¹, Ing. Richard Taimal¹, MSc. Elena Villacrés²

¹Ingeniería Agroindustrial/Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales/Universidad Técnica del Norte

²Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias INIAP- Ecuador.

*Autor para correspondencia: lamanosalvas@utn.edu.ec; rmtaimal@utn.edu.ec; elena.villacres@iniap.gob.ec

Recibido: 22-07-2019 / Aceptado: 09-09-2019 / Publicación: 31-12-2019

Editor Académico: Dr. Stalin Santacruz

RESUMEN

Los efectos de diferentes parámetros operativos de extrusión en equipos de un solo tornillo sobre los cambios nutricionales del snack fueron estudiados. Los parámetros de extrusión investigados fueron: temperatura del barril (110 – 140°C), contenido de humedad (15% - 20%) y matriz alimentaria: maíz (*Zea mays*), chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet) y papa (*Solanum tuberosum*) en proporción 80/10/10 y 70/15/15 (p/p). Los snacks que registraron mayor contenido nutricional fueron con la matriz en proporción 70/15/15 a 15% de humedad y extruida a 110°C, con valores de humedad 6.06%, proteína 18.69%, grasa 2.01%, fibra 2.28%, cenizas 1.00% y carbohidratos 72.24%, con relación al tratamiento control, (100% maíz) que registró contenidos de humedad de 5.13%, proteína 8.32%, grasa 0.54%, fibra 0.55%, cenizas 0.57% y carbohidratos 85.44%. Las condiciones de extrusión aplicadas en este estudio mostraron efectos significativos sobre el contenido nutricional del snack extruido obtenido. El incremento del nivel de adición/sustitución de leguminosas y tubérculos a la matriz con maíz, mejora significativamente el contenido nutricional del producto extruido.

Palabras clave: extrusión, matriz alimentaria, humedad, temperatura, snack.

EFFECT OF FEEDING MOISTURE AND EXTRUSION TEMPERATURE ON THE NUTRITIONAL CONTENT OF A SNACK BASED ON CORN, LUPINE AND POTATO

ABSTRACT

The effects of different extrusion operational parameters in one screw equipments on the nutritional changes of the snack were studied. The studied extrusion parameters were: barrel temperature (110 - 140°C), moisture content (15% - 20%) and food matrix: corn (*Zea mays*), lupine (*Lupinus mutabilis* Sweet) and potato (*Solanum tuberosum*) in proportions 80/10/10 and 70/15/15 (w/w). The highest nutritional content reported was for the 70/15/15 w/w food matrix snacks at 15% of humidity and extruded at 110°C, which resulted with 18.69% of protein, 2.01% of fat, 72.24% of carbohydrates, 2.28% of fiber, 1.00% of ashes and 6.06% of moisture with respect to control snacks (100% corn) which reported a nutritional analysis of 8.32% of protein, 0.54% of fat, 85.44% of carbohydrates, 0.55% of fiber, 0.57% of ashes and 5.13% of moisture. The extrusion conditions applied in this study showed significant effects on the extruded snack obtained. The increase of the addition/substitution level of legumes and tubers in the corn matrix, significantly improves the extruded product nutritional content.

Keywords: extrusion, moisture, temperature, snack, food matrix.

EFEITO DA UMIDADE DE TEMPERATURA DE ALIMENTOS E EXTRUSÕES NO CONTEÚDO NUTRICIONAL DE MILHO, SNACK E SNACK POPULAR

RESUMO

No processo de análise, foram estudados os efeitos de diferentes parâmetros operacionais de extrusão em equipamentos de parafuso único sobre as alterações nutricionais do lanche. Os parâmetros de extrusão investigados foram: temperatura do barril (110 - 140°C), teor de umidade (15% - 20%) e matriz alimentar: milho (*Zea mays*), chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet) e batata (*Solanum tuberosum*) na proporção 10/10/10 e 70/15/15 (p / p). Os lanches que registraram o maior conteúdo nutricional foram com a matriz na proporção 70/15/15 a 15% de umidade e extrudados a 110 ° C, com valores de umidade 6,06%, proteína 18,69%, gordura 2,01%, fibra 2,28%, cinzas 1,00% e carboidratos 72,24%, em relação ao tratamento controle (100% milho) que registrou teores de umidade de 5,13%, proteína 8,32%, gordura 0,54%, fibra 0,55%, cinzas 0,57% e carboidratos 85,44%. As condições de extrusão aplicadas neste estudo mostraram efeitos significativos no conteúdo nutricional do lanche extrusado. Aumentar o nível de adição / substituição de leguminosas e tubérculos à matriz com milho melhora significativamente o conteúdo nutricional do extrudado.

Palavras-chave: extrusão, matriz alimentar, umidade, temperatura, lanche.

Citación sugerida: Manosalvas, A., Taimal, R., Villacrés, E. (2019). Efecto de la humedad de alimentación y temperatura de extrusión sobre el contenido nutricional de un snack a base de maíz, chocho y papa. Revista Bases de la Ciencia, 4(3), 67-80. DOI: https://doi.org/10.33936/rev_bas_de_la_ciencia.v4i3.2138 Recuperado de: <https://revistas.utm.edu.ec/index.php/Basedelaciencia/article/view/2138>

Orcid IDs:

Armando Manosalvas: <https://orcid.org/0000-0002-4263-2853>

Stalin Santacruz: <https://orcid.org/0000-0003-0801-9876>

1. INTRODUCCIÓN

Hoy en día, gracias a su versatilidad y bajo costo de producción, la extrusión en caliente se ha convertido en la tecnología de procesamiento más importante de la industria alimentaria. Esta tecnología ha permitido desarrollar snacks extruidos de mayor aceptabilidad para la población infantil. El bajo valor nutricional que presentan los productos a base de maíz, ha provocado un incremento en la malnutrición de los consumidores (Freire, 2014).

El interés en desarrollar snacks con mayor valor nutricional ha hecho que se inicie una intensa actividad científica en sustituir el maíz con leguminosas y tubérculos ricos en proteína y almidón. Es así, que en el presente estudio se consideró utilizar chocho (leguminosa), debido a que su contenido en proteína (51.00% en base seca) y grasa (20.40% en base seca), es superior al de la soya y otras leguminosas (Villacrés, Peralta, y Álvarez, 2003). Además, Güenes-Vera et al., (2004) indican que el chocho posee un notable contenido de lisina (7.30 %) pero carece de aminoácidos sulfurados como metionina y cisteína (Chirinos-Arias, M.C., 2015); en contraste con la proteína del maíz que es rica en metionina (Villacrés et al., 2003). Por tanto, su combinación permite obtener una proteína más completa. Asimismo, adicionar papa (tubérculo) a la formula proporciona mejores características físicas (densidad aparente e índice de expansión) y texturales en el snack extruido, ya que posee gránulos de almidón grandes (60-100 μm), un contenido de amilosa de 20-25% y contenido de lípidos bajo (0.10-0.20%) (Guy, 2001).

Por otra parte, la extrusión en caliente minimiza las pérdidas de los nutrientes de las materias primas utilizadas, y extiende la vida de anaquel de los productos extruidos, ya que es un proceso que involucra temperaturas altas en tiempos relativamente cortos (HTST). Por lo tanto, permite desarrollar nuevos productos alimenticios con mayor calidad nutricional (Obradovi, Babi, y Jozinovi, 2014).

La demanda actual por alimentos nuevos y saludables junto con el incremento de las enfermedades causadas por el estilo de vida, ha impulsado una intensa investigación en extrusión de grits de pseudocereales, leguminosas y de raíces – tubérculos, debido a sus altos contenidos de proteína y fibra bruta, enfocados al desarrollo de snacks expandidos con bajo índice glucémico (Patil & Kaur, 2018). Numerosos estudios se han llevado a cabo con la sustitución de los grits de maíz con harinas de leguminosas y raíces, tales como arveja, lenteja, habas, fréjol, soya, papa, yuca, camote y otros, con el fin de mejorar el valor nutricional de los snacks expandidos (Valenzuela, 2017; Adamidou, I. Nengas, K. Grigorakis, et al. 2011; Ghumman, A. Kaur, A. Singh, N., et al. 2016). Por lo tanto, el presente estudio fue diseñado para evaluar los efectos de la temperatura de extrusión, humedad y formulación de la matriz (maíz, chocho y papa) sobre los cambios del contenido nutricional del snack.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Materias Primas

Se utilizaron grits de maíz amarillo duro, chocho variedad INIAP 450 y papa variedad súper chola, todos con un tamaño de partícula de 2.80 mm de diámetro, previamente obtenidos por procesos de deshidratación, molienda y tamizado, requeridos para el funcionamiento del extrusor de un tornillo.

Las mezclas del material a extruir se acondicionaron de acuerdo al contenido de humedad establecido en los tratamientos (**Tabla 1**). El acondicionamiento se realizó en un tambor giratorio (Mavi, China) y se dejó reposar durante 6 horas a temperatura ambiente para asegurar la difusión homogénea del agua en los grits.

Tabla 1. Modelo del Experimento Factorial

Tratamientos	Composición de la matriz (%)			Parámetros de Proceso	
	Factor A			Factor B	Factor C
	Maíz	Chocho	Papa	Humedad (%)	Temperatura (°C)
T1	70	15	15	15	110
T2	70	15	15	15	140
T3	70	15	15	20	110
T4	70	15	15	20	140
T5	80	10	10	15	110
T6	80	10	10	15	140
T7	80	10	10	20	110
T8	80	10	10	20	140
Testigo	100	0	0	15	140

Proceso de Extrusión

El proceso de extrusión se llevó a cabo utilizando un extrusor de un solo tornillo (marca Sermaconi, Ecuador) con un diámetro del dado de 2.50 mm. La velocidad del tornillo se mantuvo constante a 300 rpm. La humedad de las mezclas y el perfil de temperatura del barril se adaptaron de acuerdo con la **Tabla 1**. Luego, los extruidos se enfriaron a temperatura ambiente y se sellaron en bolsas de polietileno para posteriores análisis.

Análisis Químico Proximal

Los análisis de composición proximal como humedad, proteína (N x 6.25), extracto etéreo, cenizas, fibra bruta y carbohidratos, tanto en materias primas como en producto extruido, se determinaron según la metodología AOAC 1999.

Análisis Estadístico

Se utilizó un diseño experimental factorial, según la **Tabla 1**, donde **A**: Formulación de mezcla de maíz/chocho/papa en proporción (p/p): 80/10/10 y 70/15/15), **B**: Humedad de la matriz (15 - 20%) y **C**: Temperatura de Extrusión (110 - 140°C), totalmente al azar, con un total de 8 tratamientos y tres replicas más el control. El efecto de los factores en estudio se determinó mediante las variables de respuesta descritas en la **Tabla 3**. El análisis de varianza determina diferencias significativas ($p \leq 0.05$) entre las medias de las muestras, la prueba Tukey ($\alpha \leq 0,05$) para tratamientos y la prueba DMS ($\alpha \leq 0.05$) para factores.

Además, en los resultados obtenidos, se calculó la desviación estándar y el coeficiente de variación. Asimismo, para visualizar la magnitud de los efectos de los factores en estudio, se utilizó el diagrama de Pareto estandarizado.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Materias primas

Previo al proceso de extrusión se realizó la caracterización físico-química a las materias primas, con el fin de conocer los nutrientes que aportan cada uno de los materiales a la formulación, donde el chocho es fuente de proteína, lípidos y fibra, que aportará con el 41.20%, 16.34% y 10.46%, respectivamente. Mientras, los grits de papa aportaran con carbohidratos y cenizas (**Tabla 2**), dependiendo de la proporción en la mezcla.

La incorporación de chocho y papa a las formulaciones a extruir compuestas principalmente de maíz, generó productos extruidos con más del 12% de contenido de proteína (**Tabla 4**). Así mismo, debido a la naturaleza nutricional de las materias primas, se originaron valores superiores de fibra bruta, carbohidratos y minerales, con relación al snack testigo (maíz 100%). La modificación de los componentes proximales observados en las formulaciones en estudio, son adecuadas con niveles superiores del 60% de almidón y este con 70% de amilopectina, por lo que permite generar la interacción entre las macromoléculas y obtener extruidos expandidos con un excelente perfil de textura, según Moscicki (2011); Bordoloi & Ganguly (2014).

Tabla 2. Composición nutricional de las materias primas (grits).

Parámetros	Unidad	Maíz	Chocho	Papa
Humedad	%	12,42	9,16	7,79
Proteína	%	9,42	41,20	5,31
Extracto etéreo	%	2,09	16,34	0,59
Cenizas	%	0,63	1,73	3,06
Carbohidratos	%	75,44	31,57	83,25
Fibra	%	0,89	10,46	1,56
Almidón	%	72,68	13,30	74,26
Amilosa	%	21,04	27,77	18,40
Amilopectina	%	78,96	72,23	81,60

Laboratorio del Departamento de Nutrición y Calidad (INIAP) (2018)

Análisis Variables de Respuesta Cuantitativas

Análisis Proximal

El análisis de varianza realizado a los resultados, determinó diferencias estadísticas altamente significativas ($P \leq 0.01$) para tratamientos, factor **A** y la comparación con el testigo, en todas las propiedades fisicoquímicas (**Tabla 3**).

Tabla 3. Análisis de Varianza de las propiedades físico-químicas del Snack

		Humedad	Proteína	Grasa	Fibra	Cenizas	Carbohidratos
F.V	GL	F-valor	F-valor	F-valor	F-valor	F-valor	F-valor
Total	26						
Tratamientos	8	1598,86**	1392,35**	533,59**	1271,64**	85,70**	2164,05**
A (Tipo de mezcla)	1	85,25**	2325,08**	2433,32**	2474,85**	105,95**	2982,08**
B (Humedad en la mezcla)	1	9552,01**	187,30**	718,44**	36,71**	1,07 ^{ns}	539,46**
C (Temperatura de extrusión)	1	442,95**	0,52 ^{ns}	24,24**	21,38**	12,70**	62,71**
AxB	1	80,96**	93,99**	54,04**	1,63 ^{ns}	22,60**	57,50**
AxC	1	6,17*	152,61**	34,75**	3,08 ^{ns}	0,83 ^{ns}	108,48**
BxC	1	85,14**	1636,57**	182,04**	0,03 ^{ns}	37,90**	2036,95**
AxBxC	1	4,62*	121,24**	22,24**	0,64 ^{ns}	8,46**	159,15**
Testigo vs Resto	1	2533,75**	6621,48**	799,64**	87,10**	496,11**	11366,11**
E. exp.	18						
CV (%)		0,94	0,94	3,51	1,38	2,79	0,19

FV: Fuentes de Variación; F-valor: valor de prueba estadística F calculada; GL: Grados de libertad **: Altamente significativo; *: Significativo; ns: no significativo; CV (%): Coeficiente de Variación

Los factores **B** y **C** presentaron efectos altamente significativos ($P \leq 0.01$) en la mayoría de las variables evaluadas, excepto en los contenidos de cenizas y proteína, que no presentaron efectos significativos ($P > 0.05$).

Asimismo, el análisis estadístico mostró que las interacciones **AB** y **BC** presentaron efectos altamente significativos ($P \leq 0.01$) en la mayoría de las variables evaluadas, excepto en el contenido de fibra. Mientras, la interacción **AC**, generó un efecto altamente significativo ($P \leq 0.01$) en los contenidos de proteína, lípidos y carbohidratos, además de un efecto significativo ($P \leq 0.05$) para el contenido de humedad. Sin embargo, para los contenidos de fibra y cenizas, no presentaron ningún efecto significativo ($P > 0.05$).

Tabla 4. Contenido nutricional de los extruidos correspondientes a los tratamientos

Tratamientos	Variables					
	Humedad	Proteína	Grasa	Fibra	Cenizas	Carbohidratos
T1**	6.06±0.00 ^c	18.69±0.10 ^a	2.01±0.07 ^f	2.28±0.03 ^a	1.00±0.01 ^a	72.24±0.01 ^a
T2	5.13±0.08 ^a	15.17±0.01 ^c	1.89±0.02 ^f	2.20±0.03 ^b	0.95±0.01 ^{ab}	76.86±0.08 ^d
T3	8.59±0.04 ^f	14.61±0.27 ^{de}	1.13±0.05 ^d	2.32±0.04 ^a	0.87±0.03 ^{cd}	74.79±0.23 ^b
T4	8.27±0.00 ^e	16.70±0.01 ^b	1.62±0.02 ^e	2.26±0.03 ^{ab}	1.00±0.02 ^a	72.40±0.01 ^a
T5	6.42±0.05 ^d	14.26±0.12 ^e	1.08±0.02 ^d	1.72±0.04 ^d	0.83±0.04 ^d	77.41±0.11 ^e
T6	5.74±0.06 ^b	13.29±0.11 ^f	0.92±0.02 ^c	1.70±0.02 ^d	0.82±0.02 ^d	79.23±0.10 ^f
T7	8.59±0.03 ^f	12.43±0.05 ^g	0.61±0.07 ^a	1.80±0.02 ^c	0.85±0.04 ^{cd}	77.51±0.16 ^e
T8	8.29±0.14 ^e	14.68±0.03 ^d	0.74±0.03 ^b	1.77±0.02 ^{cd}	0.91±0.01 ^{bc}	75.39±0.03 ^c
Testigo	5.13±0.05 ^a	8.32±0.21 ^h	0.54±0.02 ^a	0.55±0.01 ^e	0.57±0.01 ^e	85.44±0.27 ^f
CV	0.94	0.94	3.51	1.38	2.79	0.19

Xm/DS; Medias con distinta letra en una columna son estadísticamente diferentes (Tukey, $p \leq 0.05$); **: Mejor Tratamiento; valores promedio $\pm$ S.D. (n=3)

Humedad

La humedad del producto extruido es considerada como el factor más importante con relación al almacenamiento y tiempo de vida útil, donde valores inferiores al 10% reduce el riesgo de crecimiento microbiano (Rehal, Kaur, Kaur y Singh, 2017).

Los valores de humedad obtenidos en los snacks extruidos oscilan de 5.13% a 8.59 % (**Tabla 4**), donde los valores más bajos se registraron en muestras extruidas con una humedad en la matriz del 15% y 140°C de temperatura de extrusión. En efecto, el contenido de humedad de la formula (**B**), resultó ser el factor más influyente sobre el contenido de humedad del extruido, con un 64.78% de importancia sobre esta propiedad fisicoquímica (**Figura 1a**). La humedad de la matriz tuvo un efecto positivo, es decir, a medida que se incrementó la humedad en la formula o matriz (**B** de 15 a 20%), aumentó el contenido de humedad en el producto extruido. Estudios anteriores registran que una mayor temperatura de extrusión provocó una mayor pérdida de humedad de los extruidos y el aumento de la humedad en la alimentación ayudó a disminuir la pérdida de humedad durante la extrusión (Patil, Anne, Sue, Charles, y Brennan, 2017; Brennan, Lan, y Brennan, 2016). La humedad en la formulación de la matriz actúa como plastificante sobre la masa extruida, que a su vez reduce la elasticidad del material y consecuentemente genera extruidos con baja expansión (Ding, Ainsworth, Plunkett, Tucker, & Marson, 2006). La retención de humedad durante la extrusión afecta negativamente a la aceptabilidad del snack por el consumidor, al alterar las propiedades físicas del producto como la dureza y la densidad aparente (Patil, Brennan, Mason, y Brennan, 2016). Al respecto, Kasprzak et al. (2013) informaron que los extruidos con menor contenido de humedad desarrollaron células de aire con diámetros superiores y paredes celulares delgadas, generando una textura más crujiente y quebradiza.

Proteína

La calidad de la proteína depende de la cantidad, grado de digestibilidad y disponibilidad de aminoácidos esenciales. El contenido de proteína de los snacks registraron valores que oscilan del 12.43% a 18.69%, superiores al del control (100% maíz), que presentó un valor de 8.32% (**Tabla 4**). Se puede aseverar que la formulación de la matriz (A), tuvo mayor efecto sobre el contenido de proteína del snack extruido, con un 40.80 % de importancia en esta propiedad (**Figura 1b**).

De acuerdo a los resultados obtenidos, se observó que conforme se sustituyó el contenido de maíz del 20 al 30% por chocho y papa en la matriz, el contenido de proteína en los snacks extruidos se incrementó. Esto pudiera explicarse debido al aporte proteico del chocho, ya que posee un contenido de proteínas mayor al maíz (**Tabla 2**), es así que los snacks obtenidos a partir de la formulación (p/p):70/15/15, presentaron valores superiores de proteína. Resultados similares fueron obtenidos por Patil et al. (2016), quienes registraron un aumento en el contenido de proteína del extruido, conforme adicionaban leguminosas (guisantes) a las muestras extruidas a base de cereales (trigo). Sin embargo, Patil et al. (2017) advierte que los materiales a extruir con altos contenidos de proteína, producen snacks con bajos índices de expansión, alta densidad aparente y por consiguiente mayor dureza.

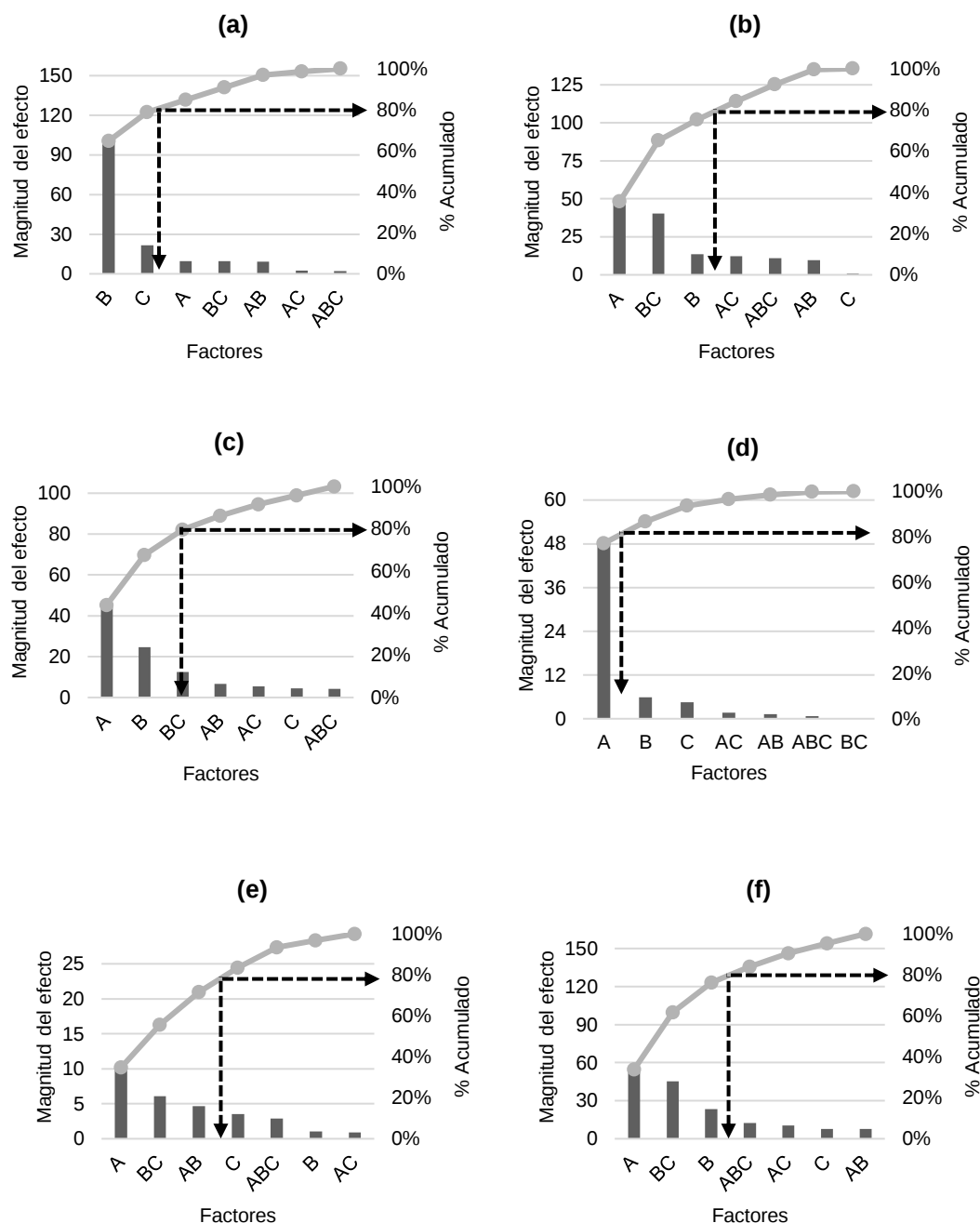


Figura 1. Diagramas de Pareto para variables de respuesta: **a)** Humedad; **b)** Proteína; **c)** Grasa; **d)** Fibra Bruta; **e)** Cenizas; **f)** Carbohidratos.

Por otro lado, se observó una disminución en el contenido proteico en los extruidos al incrementar la temperatura de extrusión y disminuir la humedad en la matriz. Al respecto, Guy (2001) indica que estas condiciones promueven las reacciones de Maillard durante la extrusión, donde los azúcares reductores incluidos los formados por cizallamiento del almidón y sacarosa pueden reaccionar con la lisina disminuyendo el valor nutricional de la proteína. La lisina es el aminoácido esencial limitante en los cereales y el agotamiento de este nutriente puede perjudicar el crecimiento en niños y jóvenes (Altan y

Maskan, 2012). A pesar que, estas condiciones de extrusión aumentan la digestibilidad de las proteínas debido a la desnaturalización, la cual expone más sitios accesibles al ataque enzimático de las proteasas intestinales (Altan y Maskan, 2012; Lupano, 2013; Ramachandra & Thejaswini, 2015). Sin embargo, temperaturas de extrusión inferiores a 140°C no generan efectos en la digestibilidad de las proteínas, que podría atribuirse al menor tiempo de residencia del alimento dentro de la extrusor (Singh, Gamalath, y Wakeling, 2007)

En la **Figura 1**, se observan la magnitud de los efectos de factores e interacciones en orden ascendente de izquierda a derecha sobre cada uno de los nutrientes evaluados en los snacks, cabe mencionar el incremento de sustitución de maíz por chocho y papa (factor **A**) tuvo efectos de mayor magnitud sobre los aumentos de proteína, lípidos, fibra y cenizas en los extruidos (**Figuras 1b, 1c, 1d y 1e**). Mientras, la disminución de humedad de la mezcla (Factor **B**) tuvo un efecto de mayor magnitud sobre la humedad del producto extruido (**Figura 1a**)

Lípidos

Los lípidos tienen un efecto lubricante en los grits de polímeros comprimidos durante la extrusión (Ilo, Schoenlechner & Berghofe, 2000). Se observó, que el contenido de lípidos en los snacks extruidos registraron valores que oscilan de 0.61% a 2.01%, superiores al control que presentó un valor de 0.54% (**Tabla 4**). Por lo tanto, se puede aseverar que la formulación de la matriz (**A**), tuvo un efecto del 43.84% de magnitud sobre el contenido de lípidos del producto extruido (**Figura 1c**)

Asimismo, se observó valores más altos de lípidos en los snacks de la formulación con mayor sustitución de maíz (del 20 a 30%) por papa y chochos en la matriz, debido al aporte de lípidos del chocho (leguminosa). El chocho es una fuente de ácidos grasos esenciales como son: oleico, linoleico y linolénico (Villacrés *et al.*, 2006). Resultados similares reportaron Guy (2001) y Moscicki (2011) en sus investigaciones. Sin embargo, la extrusión de materiales con contenidos de lípidos superiores al 3% disminuye significativamente la expansión del producto (Steel *et al.*, 2012). Además, se registró un ligero efecto de la humedad de la formulación y temperatura de extrusión. Por lo tanto, el contenido de lípidos disminuyó al aumentar la humedad en la formulación y reducir la temperatura de extrusión. Temperaturas altas en la compresión y bajos contenidos de humedad provocan mayor extracción de lípidos (Ilo *et al.*, 2000), información que contrasta con los resultados de ésta investigación. Al respecto, Ilo, Schoenlechner, & Berghofe (2000) manifiestan que bajo condiciones de extrusión, varios tipos de lípidos como monoglicéridos, ácidos grasos y sus ésteres forman complejos con fracciones de amilosa del almidón, que al enfriarse durante el corte y manejo posterior a la extrusión. Asimismo, un mayor tiempo de residencia y alta viscosidad de los materiales fundidos favorecen la formación de complejos (Singh *et al.*, 2007). Por otro lado, las temperaturas altas de extrusión provocan desnaturalización de las

lipasas, que impiden la hidrólisis de los triglicéridos y consecuentemente, la oxidación de ácidos grasos libres retenidos en la matriz de almidón (Singh *et al.*, 2007).

Fibra Bruta

Los productos extruidos presentaron un contenido de fibra que oscila de 1.70% a 2.32%, los extruidos de los tratamientos presentaron valores de fibra superiores al testigo con 0.55% (**Tabla 4**). De acuerdo a los resultados, se puede evidenciar que la formulación de la matriz (**A**), tuvo un efecto mayor del 77.23% de importancia sobre el contenido de fibra bruta del extruido (**Figura 1d**). En general, los valores de fibra más altos se registraron en los extruidos obtenidos de la formulación con mayor contenido de chocho (p/p: 70/15/15), ya que éste material aporta mayor contenido de fibra con relación al de la papa (tubérculo) y del maíz (**Tabla 2**). La extrusión produce cambios estructurales y en las propiedades fisicoquímicas de la fibra, siendo el principal efecto el aumento de la solubilidad en agua (Singh *et al.*, 2007). Este efecto se debe a la ruptura de enlaces covalentes y no-covalentes entre los carbohidratos y las proteínas asociadas a la fibra, que provoca la cizalladura del tornillo durante la extrusión, resultando en fragmentos moleculares más pequeños de fibra, según Steel *et al.* (2012). Por otra parte, Wang y Ryu (2013), indican que la incorporación de materiales ricos en fibra, reducen el índice de expansión y originan productos extruidos con estructuras más compactas y densas.

Cenizas

Los minerales son elementos sólidos cristalinos que no pueden descomponerse ni sintetizarse mediante reacciones químicas ordinarias (Singh *et al.*, 2007). El contenido de cenizas en los snacks extruidos resultantes de los efectos de los factores en estudio, registraron valores que oscilan de 0.82% a 1.00%, superiores al testigo que presentó un valor de 0.57% (**Tabla 4**). En definitiva, se puede aseverar que la formulación de la matriz (**A**), tuvo mayor efecto sobre el contenido de cenizas del extruido, con un 34.75 % de importancia en esta propiedad (Figura 1e).

Los snacks con valores más altos de cenizas se obtuvieron de la formulación con mayor sustitución de maíz (del 20 a 30%) por chocho y papa en la matriz, debido al alto contenido de minerales presentes en el chocho (**Tabla 2**). El alto contenido de calcio y hierro en el chocho podría contribuir al mayor contenido de minerales en el extruido (Villacrés *et al.*, 2006). Asimismo, se observó snacks con valores altos de minerales resultantes de mezclas tratadas a temperaturas altas. Además, se ha observado extruidos con contenidos de minerales altos a diferentes condiciones de extrusión, debido al incremento del hierro por el desgaste del cañón como consecuencia de la fricción producida (Altan & Maskan, 2012).

Carbohidratos

El contenido de carbohidratos en los snacks extruidos, presentaron valores que oscilan de 72.40% a 79.23%, inferiores al testigo (100% maíz) que presentó un valor superior de 85.44% (**Tabla 4**). En base a los resultados, se puede aseverar que la formulación de la mezcla **A** y el efecto combinado de la humedad de mezcla y temperatura de extrusión **AB** tuvieron mayor efecto sobre el contenido de carbohidratos del snack extruido, con un 33.81 y 27.95% de importancia en esta propiedad, respectivamente (**Figura 1f**). Valores superiores de carbohidratos se registraron en extruidos obtenidos de formulaciones con mayor contenido de maíz (cereal) en la mezcla, esto se debe a que tanto el maíz como la papa presentan en su composición altos contenidos de almidón.

Además, se observó que el contenido de carbohidratos aumenta al reducir la humedad de la mezcla e incrementar la temperatura de extrusión. Altan y Maskan, (2012) manifiestan que las condiciones de extrusión provocan cambios en la estructura molecular del almidón, produciéndose un rompimiento de las cadenas de amilosa y amilopectina, así como también la modificación de la cristalinidad y degradación molecular debido a la gelatinización, por tanto, el contenido de carbohidratos se incrementa. No obstante, Singh et al. (2007) manifiesta que utilizar temperaturas superiores a los 170°C y humedades bajas (13%) generan pérdidas de azúcar debido a la conversión de sacarosa en glucosa y fructosa, los mismos que pueden perderse debido a la reacción de Maillard.

4. CONCLUSIONES

Las condiciones de proceso tuvieron un efecto significativo en el contenido nutricional de los snacks extruidos. Sin embargo, la formulación de mezcla (A) fue el factor que mayor efecto generó en el contenido nutricional del snack extruido. Donde, se registró que al incrementar la sustitución de 10 a 15 de grits de chocho (leguminosa) y papa (tubérculos) por los grits de maíz en la formulación, aumenta el contenido de proteínas, lípidos, minerales y fibra bruta del snack extruido. Por lo tanto, se determinó que las leguminosas y tubérculos poseen un gran potencial para producir snacks extruidos de alto valor nutricional con relación al producto comercial.

5. REFERENCIAS

- Advances in Food Extrusion Technology. (D.-W. Sun, Ed.).
<https://doi.org/https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Bordoloi, R., & Ganguly, S. (2014). EXTRUSION TECHNIQUE IN FOOD PROCESSING AND A REVIEW ON ITS VARIOUS TECHNOLOGICAL PARAMETERS, 2(1), 1–3. Retrieved from <http://www.indjst.com>
- Brennan, M. A., Lan, T., & Brennan, C. S. (2016). Synergistic Effects of Barley, Oat and Legume Material on Physicochemical and Glycemic Properties of Extruded Cereal Breakfast Products. *Journal of Food Processing and Preservation*, 40(3), 405–413. <https://doi.org/10.1111/jfpp.12617>

- Chirinos-Arias M.C. (2015). Andean Lupin (*Lupinus mutabilis* Sweet) a plant with nutraceutical and medicinal potential, 51(1), 163–172. Retrieved from <http://editorial.uan.edu.mx/BIOCIENCIAS/article/view/139>
- Ding, Q., Ainsworth, P., Plunkett, A., Tucker, G., & Marson, H. (2006). The effect of extrusion conditions on the functional and physical properties of wheat-based expanded snacks, 73, 142–148. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2005.01.013>
- Freire, V. (2014). La nueva situación epidemiológica de Ecuador. Revista Informativa - Ops/Oms Representacion Ecuador, 32, 1–100.
- Ghumman, A., Kaur, A., Sing, N., Sing, B. (2016). Effect of feed moisture and extrusion temperature on protein digestibility and extrusion behavior of lentil and horsegram. LWT-Food Science and Technology, YFSTL 5314. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.02.032>
- Guy, R. (2001). Extrusion cooking - Technologies and applications (I). England.
- Ilo, S., Schoenlechner, R., & Berghofe, E. (2000). Role of lipids in the extrusion cooking processes. Grasas y Aceites, 51(1–2), 97–110. <https://doi.org/10.3989/gya.2000.v51.i1-2.410>
- Kasprzak, M., Rzedzicki, Z., Wirkijowska, A., Zarzycki, P., Sobota, A., Sykut-Domańska, E. & Błaszczak, W. (2013). Effect of fibre-protein additions and process parameters on microstructure of corn extrudates. Journal of Cereal Science, 58(3), 488–494. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2013.09.002>
- Lupano, C. E. (2013). Modificaciones de componentes de los alimentos: cambios químicos y bioquímicos por procesamiento y almacenamiento (1st ed.). Buenos Aires (Argentina): Universidad Nacional de la Plata.
- Moscicki, L. (2011). Extrusion-Cooking Techniques. Weinheim, Germany.
- Obradovi, V., Babi, J., & Jozinovi, A. (2014). Improvement of nutritional and functional properties of extruded food products, 53(3), 189–206.
- Patil, S., and Kaur, C. (2018). Current trends in Extrusion: Development of functional Foods and Novel Ingredients. Food Science and Technology Research. 24(1), 23-34. <https://doi.org/10.3136/fstr.24.23>
- Patil, S., Anne, M., Sue, B., Charles, M., & Brennan, S. (2017). Investigation of the combination of legumes and cereals in the development of extrudate snacks and its effect on physico-chemical properties and in vitro starch digestion, 56(1), 32–41.
- Patil, S., Brennan, M., Mason, S., & Brennan, C. (2016). The Effects of Fortification of Legumes and Extrusion on the Protein Digestibility of Wheat Based Snack. Foods, 5(2), 26. <https://doi.org/10.3390/foods5020026>
- Ramachandra, H. G., & Thejaswini, M. L. (2015). Extrusion Technology : A Novel Method of Food Processing. IJISSET - International Journal of Innovative Science, Engineering & Technology, 2(4), 358–369.
- Rehal, J., Kaur, G. J., Kaur, A., & Singh, A. (2017). Comparative Evaluation of Different Attributes of the Existing Extruded Snacks. Journal of Krishi Vigyan, 5(2), 15. <https://doi.org/10.5958/2349-4433.2017.00004.6>
- Singh, S., Gamlath, S., & Wakeling, L. (2007). Nutritional aspects of food extrusion: A review. International Journal of Food Science and Technology, 42(8), 916–929. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2006.01309.x>
- Steel, C. J., Gabriela, M., Leoro, V., Schmiele, M., Ferreira, R. E., & Chang, Y. K. (2012). Thermoplastic Extrusion in Food Processing. In A. El-Sonbati (Ed.), Thermoplastic Elastomers. Retrieved from <http://www.intechopen.com/books/thermoplastic-elastomers/thermoplastic-extrusion-in-food-processing>

- Valenzuela-Lagarde, J.L., et al.(2017). botanas expandidas a base de mezclas de harinas de calamar, maíz y papa: efecto de las variables del proceso sobre las propiedades fisicoquímicas. CYTA - Journal of food. 15 (1), 118-124. <http://dx.doi.org/10.1080/19476337.2016.1219391>
- Villacrés, E., Rubio, A., Egas, L., & Gabriela, S. (2006). Usos Alternativos del Chocho. INIAP-Estación Experimental Santa Catalina.
- Wang, Y., & Ryu, G. (2013). Physical properties of extruded corn grits with corn fibre by CO₂ injection extrusion. Journal of Food Engineering, 116(1), 14–20. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2012.10.041>



Normas de Publicación para Autores

REVISTA BASES DE LA CIENCIA

BASES DE LA CIENCIA es una Revista Científica Arbitrada, que inició sus actividades de publicación en diciembre 2016, que incluye las áreas de las ciencias: Biológicas, Físicas, Matemáticas, Químicas y Geociencias.

La revista tiene una periodicidad cuatrimestral (tres números en el año), es editada por el Instituto de Ciencias Básicas de la Universidad Técnica de Manabí y recibe artículos tanto en español, inglés y portugués.

La revista BASES DE LA CIENCIA (ISSN WEB: 2588-0764), 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 biológicas, físicas, matemáticas, químicas y geociencias. 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 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; 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 las mismas 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 del mismo 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 Director (a) de la Revista Bases de la Ciencia, en soporte digital a los Correos electrónicos: revistabasesdelaciencia@utm.edu.ec; revistabasesdelaciencia@gmail.com. En la comunicación escrita el autor debe expresar el tipo de documento (artículo original, nota técnica, comunicaciones cortas 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). 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 e inglés 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, apellidos y títulos profesionales. Ejemplo:

Dra. Lelly María Useche Castro^{1*}, MSc. Olga Lilian Mendoza Talledo¹, MSc. Rosalba Karen Bravo Saltos¹, MSc. Miguel Ángel Lapo Palacios¹

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 (*).

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

*Autor para correspondencia: luseche@utm.edu.ec

4. Resumen, Abstract y Resumo. 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 resumo. 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.



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;

	Nombres y Apellidos	Firma
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**



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.

	Nombres y Apellidos	Firma
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



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@ya
hoo.com/ Universidad de las Tunas, Las Tunas (Cuba)

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





QUÍMICA

Dra. María del Rosario Brunetto de Galignani.
(Ecuador)/mbrunetto@utm.edu.ec, mariadelrosario2327@gmail.com / Instituto de Ciencias Básicas. Universidad Técnica de Manabí

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

Dr. Gilberto Colina. (Peru)/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

Dra. Gretel 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)**/eruiz@utm.edu.ec / Instituto de Ciencias
Básicas. Universidad Técnica de Manabí

Dr. Jean Carlos Pérez Parra. **(Ecuador)**/jcarlosp@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

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 Viloria Ávila. (**Ecuador**)/tviloria63@yahoo.es, tviloria@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 Qitosano (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**)/jgabalan@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. Karen 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 Urribarri. (**EEUU**)/laurisurribarri@gmail.com / Investigadora Independiente
Dra. Zoraida M. Sivoli Barrios. (**Ecuador**)/zoraida.sivoli@esepoch.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 Mejías. (**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)
- MSc. Juan Miguel Espinosa Soto. (**Ecuador**)/juanmiguelmanos@gmail.com / Pontificia Universidad Católica del Ecuador (PUCE)
- 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. Alberto Luis Rosa (**Argentina**)/alrosa@ucc.edu.ar / Universidad de Córdoba
- 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 Holguín (**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.

Revista del Instituto de Ciencias Básicas

e-ISSN: 2588-0764

E-Mail: revistabasesdelaciencia@gmail.com; revistabasesdelaciencia@utm.edu.ec

Dirección: Av. Urbina y Che Guevara

Apartado postal: 82

Teléfonos: (593-5) 2651613
Portoviejo - Manabí - Ecuador

