BASES DE LA CIENCIA

Revista Científica - Instituto de Ciencias Básicas

Enero - Abril 2017
ISSN 2588-0764
Num. 1
PUBLICADO: 2017-04-28

Revista Bases de la Ciencia

Universidad Técnica de Manabí
Instituto de Ciencias Básicas

e-ISSN 2588-0764. URL: https://revistas.utm.edu.ec/index.php/Basedelaciencia

Índice

Ciencias Químicas

Determinación de iones solubles en partículas atmosféricas inhalables (PM_{10}) por cromatografía iónica en Maracaibo, Venezuela 1
Yulixis Cano, José Morales, Beatriz Sosa de Borrego, Ligbel Sánchez, Harvi Velásquez, Julio Torres, Brinolfo Montilla

Potencialidad de la provincia de Chimborazo para la producción de bioetanol a partir de la papa 15
Jean Carlos Pérez, Marco Altamirano, Jorge Nejer, Diego Castelo

Ciencias Matemáticas

Solución analítica al problema no homogéneo del látigo 31
Juan Sabas, Glay Cedeño, Víctor García, Luis Cobacango, Willam Moreano, José Guanoluiza, Jofre Veliz, Luis Zambrano, Maritza Vélez

Áreas afines

Ideas para una investigación de percepción social de la ciencia y la tecnología en Bogotá-Colombia 45
Luz Valdiri, Angie Piedrahita, Laura Bono, Horacio Ferreyra

Ciencias Físicas

Reflexiones sobre o ensino da física moderna no ensino médio 59
Romualdo Silva

Guía de autores 65

Créditos 71

Revista Bases de la Ciencia - ISSN 2588-0764

Publicación Cuatrimestral. Vol. 2, Año 2017, Nº 1 (1-14).

Ciencias Químicas

Artículo de Investigación

DETERMINACIÓN DE IONES SOLUBLES EN PARTÍCULAS ATMOSFÉRICAS INHALABLES (PM_{10}) POR CROMATOGRAFÍA IÓNICA EN MARACAIBO, VENEZUELA

Dra. Yulixis Cano[1,2*], Dr. José A. Morales[2], MSc. Beatriz Sosa de Borrego[2], Dra. Ligbel Sánchez[2], MSc. Harvi Velásquez[2], Dr. Julio Torres[1], Lic. Brinolfo Montilla[2]

[1]Laboratorio de Ciencias Ambientales, Departamento de Química, Instituto de Ciencias Básicas, Universidad Técnica de Manabí, Portoviejo, Ecuador. [2]Laboratorio de Química Ambiental, Departamento de Química, Facultad Experimental de Ciencias, Universidad del Zulia. Maracaibo, Venezuela.
*Autor para la correspondencia. Email: ycano@utm.edu.ec

Recibido: 10-1-2017 / Aceptado: 21-3-2017

RESUMEN

En este trabajo se evaluaron las concentraciones de los iones solubles en agua en las partículas inhalables (PM_{10}) usando cromatografía iónica. Para el análisis de Cl^-, NO_3^-, SO_4^{2-}, PO_4^{3-}, Na^+, K^+, Ca^{2+} y Mg^{2+} en partículas inhalables colectadas en la ciudad de Maracaibo (Venezuela) se utilizó la técnica de cromatografía iónica (CI) con un sistema con un sistema DIONEX modelo 2000i/sp. El análisis por CI fue comparado con los valores obtenidos por la técnica de ICP-OES. Los resultados por CI están muy cercanos a los obtenidos por ICP-OES y es una excelente alternativa confiable y exacta para el análisis de cationes en partículas atmosféricas. Los altos niveles de sulfato, nitrato y cloruro encontrados podrían estar relacionados con importantes emisiones de la industria petrolera, petroquímica; y el tráfico automotor en la atmósfera de la ciudad. Al comparar las concentraciones de los iones evaluados en este estudio con las zonas rurales de Venezuela y el mundo revelo que estos son alrededor de 10 veces más altos. Las concentraciones de los iones evaluados en Maracaibo fueron similares a los reportados en La Concepción (Venezuela) y Heredia (Costa Rica). Sin embargo, los valores reportados para ciudades como Ahváz (Irán), Shanghai (China) y Haungshi (China), son aproximadamente de 2 a 10 veces mayores que en este estudio.

Palabras clave: PM_{10}, partículas atmosféricas, aniones y cationes.

DETERMINATION OF IONS IN INHALABLE AIRBORNE PARTICLES (PM_{10}) BY ION CHROMATOGRAPHY OF MARACAIBO CITY, VENEZUELA

ABSTRACT

In this work concentrations of water soluble ions in inhalable particles (PM_{10}) were evaluated using ion chromatography. For the analysis of Cl^-, NO_3^-, SO_4^{2-}, PO_4^{3-} and Na^+, K^+, Ca^{2+}, Mg^{2+} in inhalable particles collected in Maracaibo (Venezuela) the ion chromatography (IC) technique was used with a DIONEX model 2000i / sp system. The analysis by IC of metallic cations was compared with the values obtained by ICP-OES techniques. The results by IC closely agreed with those obtained by ICP–OES and this excellent alternative technique enabled accurate and reliable analysis of cations in atmospheric particles. The high levels of sulfate,

nitrate and chloride found could be related to important emissions from the petroleum, petrochemical industry; and automotive traffic in the atmosphere of the city. Comparing the concentrations of ions evaluated in this study with rural areas of Venezuela and the world revealed that these are about 10 times higher. The concentrations of ions evaluated in Maracaibo were similar to those reported in La Concepción (Venezuela) and Heredia (Costa Rica). However, reported values for cities like Ahváz (Iran), Shanghai (China) and Haungshi (China), are approximately 2 to 10 times higher than in this study.

Key words: PM_{10}, atmospheric aerosols, anions and cations.

1. INTRODUCCIÓN

En años recientes se ha incrementado el interés en la realización de estudios sobre material particulado atmosférico debido a su importante influencia en el clima y los efectos adversos que causa en la salud humana. Las partículas atmosféricas consisten en dos clases principales: las partículas con un tamaño relativamente grande que son rápidamente sedimentables, y las partículas más pequeñas las cuales permanecen suspendidas por largos períodos de tiempo y pueden ser transportadas a largas distancias bajo condiciones meteorológicas favorables (van Zelm y col., 2008). Entre estas últimas se encuentran las partículas atmosféricas con un diámetro aerodinámico menor de 10 µm, las cuales se denominan partículas inhalables (PM_{10}), estás constituyen un componente importante del aerosol atmosférico y son consideradas contaminantes principales en las áreas urbanas. Las emisiones antropogénicas de diversos elementos dentro de la atmósfera es un problema que se ha incrementado en la sociedad moderna, como por ejemplo las actividades industriales, producción de energía, tratamiento de aguas residuales, emisiones vehiculares, como naturales (erosión de los suelos, polvos minerales, erupciones volcánicas, aerosol marino, partículas biogénicas, entre otras) que introducen a la atmósfera gran cantidad de contaminantes (Caumoa y col., 2016, Fukai y col., 2007, Galindo y Yubero, 2017, Jacob y col., 2009). La composición de partículas atmosféricas está influenciada por un equilibrio entre las fuentes emisoras, las transformaciones químicas en la atmósfera, los efectos del transporte a largas distancias y los procesos de remoción (EPA 2010). Se ha determinado que las áreas tropicales juegan un papel importante en la química de la atmósfera de la tierra y se conoce muy poco sobre la composición química de las partículas suspendidas en la atmósfera tropical de Venezuela, por ende es importante realizar este tipo de evaluaciones (Jacob y col., 2009, Morales y col., 1998, Pacheco y col., 2005, Tai-Yi 2010).

Una fracción importante de las partículas suspendidas en la atmósfera consiste de iones inorgánicos solubles en agua, principalmente nitrato (NO_3^-), sulfato (SO_4^{2-}), sodio (Na^+), potasio (K^+), calcio (Ca^{2+}) y magnesio (Mg^{2+}), todos relacionados con el ciclo de nutrientes

ISNN 2588-0764

(Caumoa y col., 2016, Jacob y Winner, 2009, Pacheco y col., 2005, Sanhueza y Rondon, 1998, Saxena y col., 2017, Tai-Yi, 2010). La cromatografía iónica (CI) se ha establecido como una técnica analítica importante para la determinación de iones inorgánicos en aguas ambientales, tales como el agua potable, aguas residuales y extractos acuosos sólidos; debido a sus múltiples ventajas, como por ejemplo, la velocidad en los análisis y la posibilidad de realizar determinaciones sensibles y exactas de varios iones en una sola corrida, altamente sensible, presenta muy pocas interferencias y usa volúmenes muy bajos de muestras (μL).

La CI consiste en la competencia de los iones (cationes o aniones) de las muestras a analizar con los de la fase móvil utilizada por los sitios activos de la resina (columna cromatográfica). El proceso de intercambio iónico puede ser ilustrado tomando como ejemplo el intercambio aniónico y la columna se representa como M^+E^-, donde M+ denota la resina y E^- representa el contra-ión. Al entrar en contacto una solución que contenga un anión diferente, denominado A^-, con la resina, se establece el siguiente equilibrio:

$$M^+E^- + A^- \leftrightarrows M^+A^- + E^-$$

Este intercambio es estequiométrico, es decir, un ion monovalente desplaza un contra-ion monovalente. La selectividad en las separaciones cromatográficas depende de varios factores, siendo los más importantes: la carga, el tamaño del ion y la afinidad del mismo con la resina de intercambio iónico (Galindo y Yubero, 2017, Shahid y col., 2016, Zamora y col., 2016).

El objetivo principal de este trabajo fue determinar las concentraciones de los iones solubles en agua en las partículas atmosféricas PM_{10} (<10 μm) usando cromatografía iónica y comparar los niveles de concentración de los iones evaluados en las PM_{10} en función de los valores reportados en otros sitios de Venezuela y el mundo.

2. PARTE EXPERIMENTAL

2.1. Descripción de los sitios de muestreo

La ciudad de Maracaibo se encuentra situada geográficamente en la costa occidental del Lago de Maracaibo frente a la bahía de El Tablazo en el Estado Zulia, entre las siguientes coordenadas: 10º31’ - 10º46’ de latitud norte y 71º35’ - 71º97’ de longitud oeste. Tiene una población aproximada de 1,8 millones de habitantes y una superficie de 1.543 km^2. Se han identificado posibles fuentes de emisiones antropogénicas importantes vientos arriba de

los sitios de muestreo tales como las refinerías de Amuay y Cardón y probablemente las de Aruba y Curazao, el complejo petroquímico El Tablazo (plantas de amoníaco y de cloro-soda) ubicado en la Costa Occidental del Lago de Maracaibo, y emisiones de industrias medianas locales: una planta de cemento y una planta termoeléctrica. Como se puede observar en la Figura 1 se presentan los sitios de recolección de muestras seleccionados, los mismos se ubicaron en las zonas norte y sur de la ciudad de Maracaibo, con distancia aproximada de 17 km entre ambos sitios.

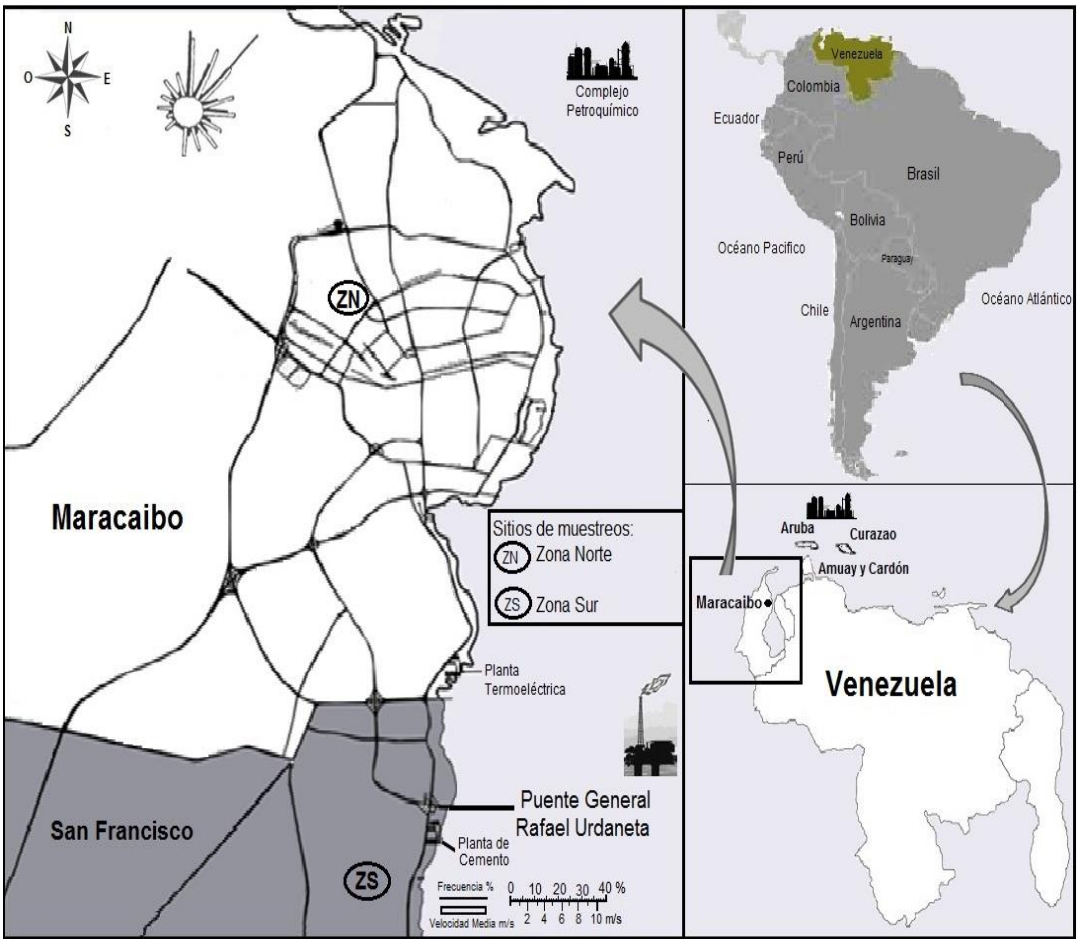

Figura 1. Mapa de la ciudad de Maracaibo, Estado Zulia (Venezuela) con los sitios de recolección de muestras: ZN (Zona Norte) y ZS (Zona Sur).

Las características climáticas de Maracaibo corresponden a las de la zona norte costera de la cuenca del Lago de Maracaibo, la cual está rodeada en su mayor parte por cordilleras con un solo lado abierto hacia el norte, presenta un clima seco y caliente con una precipitación aproximada de 400 mm por año. El régimen anual de precipitaciones presenta dos máximos en mayo-junio y octubre y dos mínimos en marzo y julio-agosto (Velásquez, Ramón 2003). El promedio anual de temperatura es aproximadamente 29°C. El sistema de vientos está constituido por dos tipos de vientos: los alisios provenientes del noreste y los locales que resultan del calentamiento desigual de las masas de agua y de tierra

ISNN 2588-0764

durante el día. La dirección predominante de los vientos es norte-noreste (NNE) (López y col., 2010).

2.2. Recolección y extracción de muestras

Para la recolección de las partículas inhalables se emplearon equipos recolectores de alto volumen para PM_{10}, Graseby Andersen GMW10, ubicados en los dos sitios de recolección de muestras (Ver Figura 1). Las muestras se colectaron sobre filtros de microfibra de cuarzo, durante aproximadamente 24 horas con una velocidad de flujo de 40 $pies^3$/min, entre los meses de marzo y octubre del 2000, con una frecuencia de recolección de una muestra por semana (Gaceta Oficial Nº 4.899, 1995), para un total de muestras de PM_{10} igual a 39 en la zona norte y 35 en la zona sur. Los filtros se estabilizaron a las condiciones ambientales del laboratorio durante 24 horas, antes y después de la recolección de las muestras. Luego fueron pesados con una balanza analítica (marca Sartorius Analytic, modelo: AC 210S-00v1A), de precisión y exactitud adecuada (0,00001 g). Los mismos se guardaron en bolsas plásticas herméticas cerradas e identificadas. Para disminuir las posibles interferencias debido a impurezas que se pudiesen presentar se prepararon blancos, tomando 22 filtros no expuestos seleccionados al azar del lote de filtros utilizados para la recolección de las muestras. Se realizó una extracción acuosa en caliente a un cuarto de filtro, aplicando agitación mecánica por media hora. Una fracción fue preservada con cloroformo ($CHCl_3$) para el análisis de los aniones: cloruro (Cl^-), nitrato (NO_3^-), sulfato (SO_4^{2-}) y fosfato ($H_2PO_4^-$) y la otra fracción se preservó con ácido nítrico (HNO_3) para el análisis de los cationes: sodio (Na^+), potasio (K^+), calcio (Ca^{2+}) y magnesio (Mg^{2+}), se usaron envases de polietileno y se refrigeraron a 4°C hasta el análisis (Sanhueza y col., 2005; Morales y col., 1998).

2.3. Instrumentación y condiciones experimentales

Se analizaron un total de 74 muestras de PM_{10} (39 en la zona norte y 35 en la zona sur) y los 22 filtros no expuestos (blancos) usando un cromatógrafo iónico Dionex 2000i/sp, equipado con una bomba isocrática, válvula inyección de alta presión con un volumen de inyección de 10 µL y un detector de conductividad (CDM-2). Se usaron las columnas analíticas Ionpac AS14 y CS12A con guarda columnas AG14 y CG12A para aniones y cationes, respectivamente. Los eluyentes usados fueron Na_2CO_3 3,5 mM, $NaHCO_3$ 1,0 mM para aniones y H_2SO_4 22 mM para cationes (flujos 1 y 0,5 ml/min, respectivamente) y agua desionizada como regenerante (flujo 2 ml/min). La escala de conductividad fue de 30 µS. Para el análisis de los metales por la técnica analítica ICP-OES se usó un sistema Optima

3000XL, equipado con un generador de energía de radiofrecuencia (1,3 KW) y un nebulizador de flujo cruzado. Se usó Argón para la formación del plasma (15,0 L/min), como gas auxiliar (0,5 L/min) y de arrastre (0,8 L/min), metodología ampliamente reportada (Sánchez y col., 2009; Morales y col., 1998).

2.4. Reactivos

Todos los reactivos usados fueron de alta-pureza. Las soluciones estándar para aniones se prepararon usando sales de sodio de: cloruro (Riedel-de Haën, Seelze-Hannover, Alemania), nitrato, fosfato y sulfato (Merck, Darmstadt, Alemania); se disolvieron en agua desionizada (1000 mg/L) y se preservaron con $CHCl_3$. Las soluciones estándar para los cationes fueron preparadas diluyendo stock comerciales de 1000 mg/L de cada metal (Na^+, K^+, Ca^{2+} y Mg^{2+}) en 2% HNO_3 (Merck, Darmstadt, Alemania). Todos los estándares y las muestras se preservaron de igual forma (Sánchez y col., 2009, Morales y col., 1998). El análisis estadístico realizado a los valores obtenidos de los iones en PM_{10} consistió en determinar: media aritmética (valor más probable), desviación estándar (DE, dispersión de los valores obtenidos), el factor de correlación (r) entre datos, su nivel de significancia (p) y la comparación entre las medias obtenidas para establecer diferencias significativas; las diferencias se consideraron significativas a $p < 0,05$ (95% de confianza). Los cálculos se realizaron usando el paquete estadístico Statgraphics X64 para Windows 7 y se trabajó en hojas de cálculo del programa Microsoft Excel.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Identificación y cuantificación

En las **Figuras 1 y 2** se presentan la resolución y el tiempo de análisis para: solución estándar, un extracto de particulado atmosférico PM_{10}, un blanco (filtro no expuesto) y un material de referencia (SLRS-3), este último solo en la Figura 2.

El comportamiento típico para todas las muestras se puede observar en las Figuras 1 y 2, obteniéndose adecuada separación entre cada pico lo que indica una buena resolución (picos simétricos, no ensanchados) y muy buena reproducibilidad (el mismo tiempo de retención), con resultados en menos de 20 min para los aniones y cationes. El cloruro, sulfato y nitrato son los aniones principales en las partículas atmosféricas. Se observó que el fosfato está presente en concentraciones muy bajas.

ISNN 2588-0764

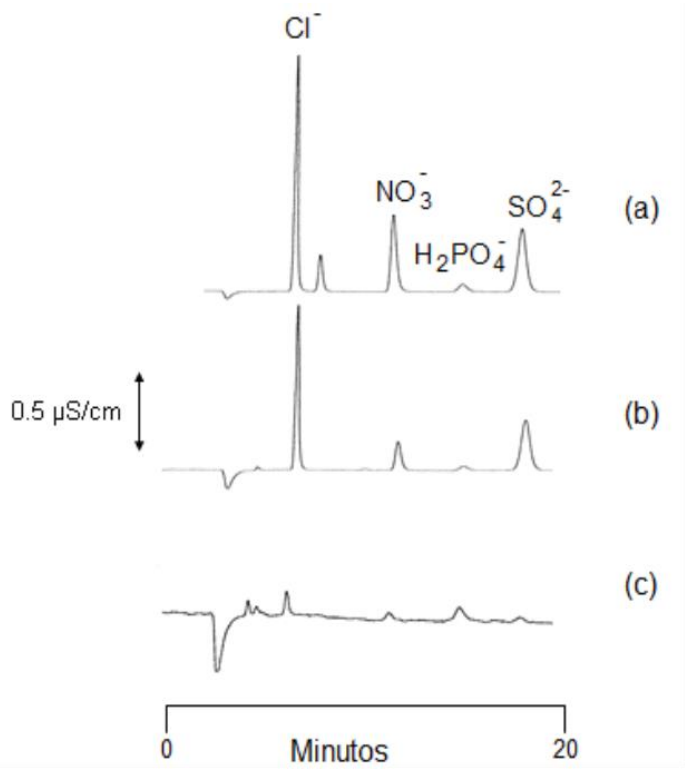

Figura 1. Separación de aniones: cloruro, nitrato, fosfato y sulfato en una columna Dionex AS14: (a) solución estándar (µg/mL), (b) extracto de particulado atmosférico PM_{10}, (c) blanco.

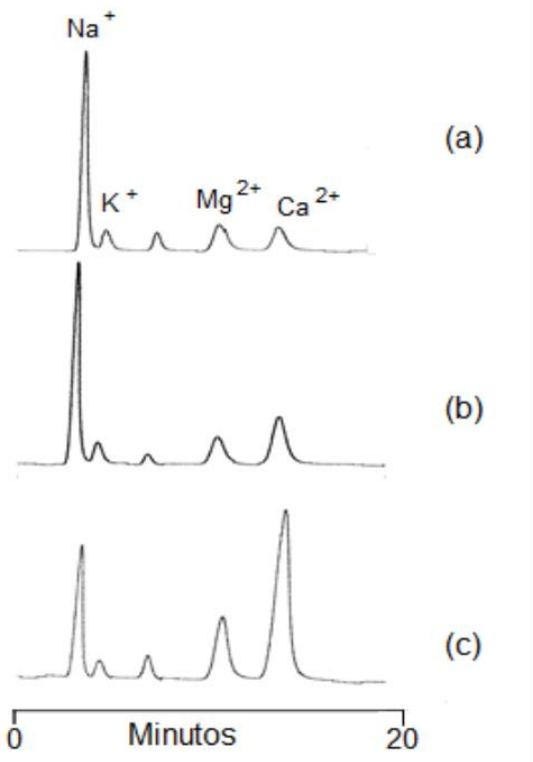

Figura 2. Separación de cationes: sodio, potasio, magnesio y calcio en una columna Dionex CS12A: (a) solución estándar (µg/mL), (b) extracto de particulado atmosférico PM_{10}, (c) material de referencia SLRS-3.

Se emplearon curvas de calibrado para soluciones estándar mixta de aniones y cationes a diferentes rangos de concentración (0,2-20 mg/L), las cuales presentaron una buena linealidad (R^2 = 0,9995-0,9999; n =12). El límite de detección (LD, mg/L) de cada ion se calculó tomando en cuenta tres veces la desviación estándar (DE) del blanco (n = 22 filtros no expuestos) inyectado siete (7) veces, las concentraciones mínimas detectadas para los iones fueron 0,07 mg/L (Cl^-), 0,03 mg/L (NO_3^-), 0,003 mg/L ($H_2PO_4^-$), 0,03 mg/L (Na^+), 0,17 mg/L (K^+), 0,002 mg/L (Mg^{2+}) y 0,02 mg/L (Ca^{2+}). Las desviaciones estándar relativas obtenidas (n = 7) para cuatro muestras reales y cuatro soluciones estándar mostraron una buena reproducibilidad (DER<5%) para los iones analizados (Galindo y Yubero, 2017, Morales y col., 1998, Shahid y col., 2016).

3.2. Precisión y exactitud del análisis de aniones

En la **Tabla 1** se presentan las desviaciones estándar relativas y porcentajes de recuperación obtenidos para un material de referencia SLRS-3. La precisión se determinó inyectando siete veces la solución de la muestra certificada. La validación de los datos según el esquema de análisis de los aniones, se confirmó por los resultados de recuperación (99 ± 2%) y la buena reproducibilidad (DER ± 4%) obtenida.

Tabla 1. Precisión y exactitud de aniones por CI en un material de referencia*

Anión	Valor certificado* (media ± DE) (mg/L)	Valor encontrado (media ± DE) (mg/L) (n=7)	DER (%) (n=7)	% de Recuperación	LD (mg/L)
Cl^-	49,8 ± 1,0	49,9 ± 0,5	1,0	100,2	0,070
NO_3^-	50,4 ± 0,9	50,2 ± 0,4	0,8	99,6	0,026
$H_2PO_4^-$	3,36 ± 0,13	3,31 ± 0,11	3,3	98,5	0,023
SO_4^{2-}	57,3 ± 1,1	56,9 ± 1,83	3,2	99,3	0,069

*Material de referencia: CRM 616 (Aguas subterráneas); LD = 3xDE (blanco)

ISNN 2588-0764

3.3. Comparación de los métodos CI e ICP-OES para el análisis de cationes

La espectroscopía de emisión óptica con plasma inductivamente acoplado (ICP-OES) ha sido la técnica de mayor referencia para el análisis de metales traza. Para la evaluación del método de CI con una columna IonPac CS12A, se determinaron la linealidad, los límites de detección para cada catión, precisión, exactitud y se validó la técnica por comparación con el método ICP-OES. Como se puede observar en la **Tabla 2** la precisión fue calculada inyectando siete réplicas del material de referencia (agua de río SLRS-3).

El análisis por CI de cationes metálicos en muestras de partículas PM_{10} se comparó con los valores obtenidos por la técnica de ICP-OES. En la **Tabla 2** se muestra la comparación de los resultados obtenidos, y se observó que para ambas técnicas los porcentajes de recuperación para todos los cationes metálicos están dentro de 100 ± 2% y presentan una buena reproducibilidad (DER ≈ 3%) y límites de detección similares (excepto Mg^{2+} que es más bajo por el método de CI). Lo que demostró que la CI es una excelente alternativa puesto que permite obtener análisis exactos, precisos y confiables de cationes metálicos en material particulado atmosférico (PM_{10}), implicando esto una disminución de los costos por análisis.

Tabla 2. Comparación de los resultados obtenidos por CI con los obtenidos por ICP-OES usando un material de referencia *

Metal	Método	Valor certificado (media ± DE) (mg/L)	Valor encontrado (media ± DE) (mg/L) (n=7)	DER (%) (n=7)	% de Recuperación	LD (mg/L)
	CI		2,29 ± 0,11	4,8	99,6	0,029
Na	ICP - OES	2,3 ± 0,2	2,26 ± 0,06	2,7	98,3	0,027
	CI		0,68 ± 0,02	2,9	97,1	0,030
K	ICP - OES	0,7 ± 0,1	0,71 ± 0,02	2,8	101,0	0,075
	CI		1,61 ± 0,04	2,4	101,0	0,002
Mg	ICP - OES	1,6 ± 0,2	1,60 ± 0,04	2,5	100,0	0,099
	CI		5,94 ± 0,12	2,0	99,0	0,021
Ca	ICP - OES	6,0 ± 0,4	5,81 ± 0,17	2,9	97,0	0,045

*Material certificado: SLRS-3; LD = 3xDE (blanco)

Todo lo antes expuesto indicó que bajo estas condiciones la cuantificación de las muestras ambientales recolectadas en ambos sitios de la ciudad de Maracaibo fue exacta y precisa.

3.4. Calidad del aire

En la **Tabla 3** se muestran las concentraciones de los iones solubles de PM_{10} en agua en dos sitios (zona norte y zona sur) de la ciudad de Maracaibo, y su comparación con los valores reportados en sitios rurales y urbanos de Venezuela y el mundo. Las concentraciones de cloruro y sodio representan aproximadamente el 36 % (zona sur) y 60% (zona norte) de la fracción de masa total de iones solubles; debido a la influencia del aerosol marino sobre la ciudad de Maracaibo, por su proximidad a la costa. El análisis estadístico de los datos se realizó por comparación entre las medias obtenidas para los dos sitios, así de esa manera se pudo establecer las diferencias significativas entre las medias, y estas se consideraron significativas a $p < 0,05$, con límites de confianza del 95%. Las concentraciones de los iones NO_3^-, Cl^-, $H_2PO_4^-$, Na^+ y Mg^{2+} no difieren significativamente ($p = 0,001$) entre las zonas norte y sur de la ciudad, lo cual muestra la homogeneidad de la atmósfera de Maracaibo respecto a las fuentes de origen marino. Las concentraciones de SO_4^{2-}, K^+ y Ca^{2+} son significativamente más elevadas ($p = 0,01$) en la zona sur comparadas con las de la zona norte, lo que sugiere que la zona sur podría estar influenciada por fuentes locales de estos iones, y estas pueden ser: una planta de energía eléctrica (sulfato) y una planta de cemento (calcio). Adicionalmente, se puede observar en la **Tabla 3** que las concentraciones de los iones siguen el siguiente orden para las PM_{10}: $SO_4^{2-} > NO_3^- > Cl^- > PO_4^{3-}$ y $Na^+ \geq Ca^{2+} > K^+ \geq Mg^{2+}$.

Por otro lado, al comparar los niveles de concentración de los iones evaluados en este estudio (**Tabla 3**) con las zonas rurales de Venezuela y el mundo se puede observar que los valores encontrados son mayores, alrededor de 10 veces más altos, esto se puede deber a que las zonas rurales por lo general no se encuentran influenciadas por fuentes locales importantes de contaminación atmosférica, y se encuentran alejadas de las emisiones industriales y urbanas.

Al comparar con las zonas urbanas de Venezuela y el mundo (**Tabla 3**) se puede observar que para La Concepción (Venezuela) los valores reportados en este estudio son similares, exceptuando los iones SO_4^{2-} y Cl^-, los autores reportan que debe existir una contribución predominante de emisiones de partículas primarias y/o de su precursor gaseoso (SO_2) para el sulfato y HCl para el Cl^- proveniente de la combustión de combustibles fósiles, emisiones industriales, entre otras; por consiguiente las fuentes naturales de SO_4^{2-} y Cl^- (emisiones

ISNN 2588-0764

biogénicas y aerosol marino) juegan un papel secundario (Buitriago, G 2014, Cano y col., 2015).

Tabla 3. Comparación del contenido iónico ($\mu g/m^3$) del material particulado PM_{10} en Maracaibo en sitios rurales y urbanos de Venezuela y el mundo.

	Sitio (País)	Período	Na^+	K^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	SO_4^{2-}	NO_3^-	Cl^-	PO_4^{3-}	Referencia
Urbano	Zona Norte (n = 39)	2000	2,16	0,17	0,70	0,32	1,3	0,54	2,13	0,02	Este estudio
	Zona sur (n = 35)	2000	1,92	0,77	2,00	0,37	1,5	0,52	2,05	0,83	Este estudio
	La Concepción (Venezuela)	2012 - 2013	2,25	0,17	0,28	0,06	6,71	1,29	3,21	*NR	Buitriago, G 2014 Cano y col., 2015
	Heredia (Costa Rica)	2010 - 2011	1,31	0,12	0,28	0,10	0,98	3,87	0,10	*NR	Murillo y col., 2013
	Ahvaz (Irán)	2010	8,50	2,50	27,6	18,0	22,6	22,3	15,0	*NR	Shahsavani y col., 2012
	Shanghai, (China)	2009	0,60	3,00	2,97	0,23	28,7	32,9	3,53	*NR	Du y col., 2011
	Huangshi (China)	2012 - 2013	5,25	2,10	5,29	0,58	30,9	21,1	5,32	*NR	Liu y col., 2017
Rural	Gran Sabana (Venezuela)	2000 - 2003	0,59	0,02	0,04	0,006	0,17	0,37	0,54	0,16	Pacheco y col., 2011
	Mene Grande (Venezuela)	20	0,93	0,36	0,40	0,07	*NR	*NR	*NR	*NR	Rosales, 2004
	Auchencorth Moss (Escocia)	2012	0,12	0,02	0,016	0,015	0,35	0,105	0,086	*NR	Twigg y col., 2015

*NR= No Reportado

Adicionalmente, puede observarse en la tabla, que los resultados obtenidos en este trabajo son comparables con los mostrados en la ciudad de Heredia (Costa Rica), está ciudad puede estar influenciada fuertemente por el tráfico automotor según lo reportado por los autores (Murillo y col., 2013).

Los resultados para esta investigación se encontraron muy por debajo, entre 4 a 10 veces, que los reportados en Ahváz (Irán), esto puede ser debido según los autores a que dicha zona se caracteriza por ser árida con pocas cubiertas de vegetación, altas temperaturas y humedad, fuertes vientos a nivel de superficie, rodeado de grandes desiertos que son la causa principal de tormentas de polvo generadas en dicha localidad (Shahsavani y col., 2012). Al igual que en el caso de las ciudades de China Shanghai (Du y col., 2011) y Haungshi (Liu y col., 2017), los valores reportados para estas ciudades son alrededor de 2 a 10 veces mayores que en este estudio, esto puede deberse principalmente a que las mismas son muy pobladas, con alto tráfico de vehículos (pesados y livianos) y son altamente industrializadas.

4. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos por la técnica de cromatografía iónica (CI) están muy cercanos a los obtenidos por ICP-OES. Esto indica que la CI es una excelente alternativa puesto que permite obtener análisis exactos, precisos y confiables de cationes metálicos en material particulado atmosférico (PM_{10}), implicando esto una disminución de los costos por análisis.

Los altos niveles de sulfato y cloruro encontrados podrían estar relacionados con importantes emisiones de la industria petrolera y petroquímica; en el caso de las emisiones de nitrato estás son un indicativo de la influencia del tráfico automotor en la atmosfera de la ciudad.

La comparación de los niveles de concentración de los iones evaluados en este estudio con las zonas rurales de Venezuela y el mundo revelo que estos son alrededor de 10 veces más altos, esto pude deberse a que estas zonas no se encuentran influenciadas por fuentes locales importantes de contaminación atmosférica y alejadas de las emisiones industriales y urbanas

Las concentraciones de los iones evaluados en Maracaibo fueron similares a los reportados en La Concepción (Venezuela) y la ciudad de Heredia (Costa Rica). Sin embargo, los valores reportados para ciudades como Ahváz (Irán), zona que se caracteriza por ser árida, Shanghai (China) y Haungshi (China) ciudades muy pobladas, con alto tráfico de vehículos (pesados y livianos), altamente industrializadas, son aproximadamente de 2 a 10 veces mayores que en este estudio.

ISNN 2588-0764

5. AGRADECIMIENTO

Los autores desean agradecer al Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico de la Universidad del Zulia (CONDES-LUZ), Maracaibo, por el financiamiento para esta investigación. Así como al Laboratorio Central del Complejo Petroquímico de El Tablazo por la realización de los análisis por ICP-OES, en especial la Lic. Oscar Sánchez.

6. REFERENCIAS

Buitriago G. (2014). Evaluación de las concentraciones de partículas atmosféricas y su composición química en zonas adyacentes al relleno sanitario La Ciénaga. Trabajo de Grado Maestría en Ciencias Ambientales, Universidad del Zulia. Maracaibo. 1-84.

Cano Y., Buitrago G., Boves M., Morales J., Torres J., Cáceres A., Sánchez L. y Montilla B. (2015). Contenido de Na, K, Ca, y Mg en partículas suspendidas totales (PST) e inhalables (PM10) en dos sitios cercanos al Relleno Sanitario La Ciénaga, Venezuela. INVESTIGACIÓN CLÍNICA. 56 (1), 599 - 604.

Caumoa S., Claeys M., Maenhaut W., Vermeylen R., Behrouzi S., Shalamzari M., Vasconcellos P. (2016). Physicochemical characterization of winter PM10 aerosol impacted by sugarcane burning from São Paulo city, Brazil. Atmospheric Environment. 145, 272 - 279.

Du H., Kong L., Cheng T., Chen J., Du J., Li L., Xia X., Leng C., Huang G. (2011). Insights into summertime haze pollution events over Shanghai based on online water-soluble ionic composition of aerosols. Atmospheric Environment. 45: 5131 - 5137.

EPA-US. 2010. Integrated Science Assessment for Particulate Matter. United States Environmental Protection Agency.

Fukai T., Kobayashi T., Sakaguchi M., Aoki M., Saito T., Fujimori E., Haraguchi H. (2007). Chemical Characterization of Airborne Particulate Matter in Ambient Air of Nagoya, Japan, as Studied by the Multielement Determination with ICP-AES and ICP-MS. Analytical Sciences. 23, 1359-366.

Gaceta Oficial No 4.899 Decreto Nº 638. 1995. Normas sobre calidad del aire y control de la contaminación atmosférica.

Galindo N. and Yubero E. (2017). Day-night variability of water-soluble ions in PM10 samples collected at a traffic site in southeastern Spain. Environmental Science and Pollution Research, 24 (1), 805 – 812.

Jacob D. J., Winner D. A. (2009). Effect of climate change on air quality. Atmospheric Environment. 43: 51–63.

López J., Andressen, R. y Lugo A. (2010). Patrones de vientos troposféricos en la cuenca del Lago de Maracaibo, Venezuela. Terra. Vol. XXVI (39): 13-30.

Morales J. A., Pirela D., de Nava M., de Borrego B., Velásquez H., Durán. J. (1998). Inorganic water soluble ions in atmospheric particles over Maracaibo Lake Basin in the western region of Venezuela Atmospheric. Research. 46, 307 – 312.

Murillo, J., Rodriguez, S., Rojas, J., Campos, A., Blanco, S., Cardenas, B., Baumgardner, D. (2013). Chemical characterization and source apportionment of PM10 and PM2.5 in the metropolitan area of Costa Rica, Central America. Atmospheric Pollution Research.4, 181- 190.

Pacheco M., Sanhueza E., Donoso L. y Romero J. (2005). Química atmosférica en La Gran Sabana II: Distribución de tamaño y composición de los aerosoles solubles en agua. INTERCIENCIA. 30 (10): 611-617.

Rosales, S. (2004). Estudio sobre los niveles de concentración de Na, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu, y Zn en aerosoles atmosféricos PM10 en un sitio de la zona rural de Mene Grande, Estado Zulia, Venezuela. Trabajo Especial de Grado, Universidad del Zulia. Maracaibo. 1-70.

Sánchez L., Morales J., Velásquez H., Portillo D., Cano Y., Montilla B., Iriarte N. y Mesa J. (2009). Composición iónica y niveles de acidez de las lluvias en Maracaibo, Venezuela, entre 1989 y 2001. Revista Internacional de Contaminación Ambiental 25(3): 169 - 179.

Sanhueza E., Rondon A. (1988). Particle-size distribution of inorganic water soluble ions in the venezuelan savannah atmosphere during burning and nonburning periods. Journal of Atmospheric Chemistry 7, 369 – 388.

Sanhueza E., Sanatana M., Donoso L., Pacheco M. (2005). Química atmosférica en la Gran Sabana III: Composición iónica y características ácido-básicas de las lluvias. Interciencia. 30 (10): 618 - 622.

Shahsavani A., Naddafi K., Haghighifard N. J., Mesdaghinia A., Yunesian M., Nabizadeh R., Arhami M., Yarahmadi M., Sowlat M., Ghani M., Jafari A., Alimohamadi M., Motevalian S., Soleimani Z. (2012). Characterization of ionic composition of TSP and PM10 during the Middle Eastern Dust (MED) storms in Ahvaz, Iran. Environmental Monitoring and Assessment. 184: 6683 - 6692.

Saxena M., Sharma A., Sen A., Saxena P., Saraswati, Mandal T., Sharma S., Sharma C. (2017). Water soluble inorganic species of PM10 and PM2.5 at an urban site of Delhi, India: Seasonal variability and sources. Atmospheric Research, 184, 112 – 125.

Shahid I., Kistler M., Mukhtar A., Ghauri B., Ramirez-Santa Cruz C., Bauer H., Puxbaum H. (2016). Chemical characterization and mass closure of PM10 and PM2.5 at an urban site in Karachi - Pakistan. Atmospheric Environment, 128, 114-12.

Tai-Yi Y. (2010). Characterization of ambient PM2.5 concentrations Atmospheric Environment 44, 2902 - 2912.

Twigg M., Di Marco C.F., Leeson S., van Dijk N., Jones M., Leith I., Morrison E., Coyle M., Proost R., Peeters A. (2015). Water soluble aerosols and gases at a UK background site-Part 1, Controls of PM2.5 and PM10 aerosol composition. Atmospheric Chemistry and Physics. 15. 8131 - 8145.

van Zelm R., Huijbregts M. A.J., den Hollander H. A., van Jaarsveld H. A., Sauter F. J., Struijs J., van Wijnen H. J., van de Meent D. (2008). European characterization factors for human health damage of PM10 and ozone in life cycle impact assessment. Atmospheric Environment. 42, 441 - 453.

Velásquez, Ramón. (2003). Algunos mecanismos físicos de la distribución anual de las precipitaciones en Venezuela Revista Aula y Ambiente. 34 - 45.

Zamora M., Montaño H., Galindo Z., Siebe G., Prado P. (2016). Determinación simultánea de cationes mayoritarios en muestras de agua residual por medio de cromatografía de iones con detección conductimétrica. Revista Internacional de Contaminación Ambiental. 32 (3), 293-301.

Revista Bases de la Ciencia - ISSN 2588-0764

Publicación Cuatrimestral. Vol. 2, Año 2017, Nº 1 (15-30).

Ciencias Químicas

Artículo de Investigación

POTENCIALIDAD DE LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO PARA LA PRODUCCIÓN DE BIOETANOL A PARTIR DE LA PAPA

Dr. Jean Carlos Pérez Parra[1,2,3]*; MSc. Marco Altamirano Balseca[2]; MSc. Jorge Mauricio Nejer Guerrero[2]; Ing. Diego Fernando Castelo Castelo[2]

[1]Universidad Técnica de Manabí (UTM). [2]Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH). [3]Universidad Nacional Experimental Sur del Lago "Jesús María Semprúm" (UNESUR).
*Autor para la correspondencia. Email: jcperez@utm.edu.ec

Recibido: 1-2-2017 / Aceptado: 27-4-2017

RESUMEN

En Ecuador se propuso desde el 2010 como una meta a corto plazo incorporar 5% de bioetanol a la gasolina, a través del proyecto Ecopaís. Entre los objetivos de este proyecto está reducir la salida de divisas, ahorrar en subsidios, fomentar el empleo agrícola e industrial, disminuir las emisiones de CO_2, entre otros. A la fecha la gasolina con 5% de bioetanol ha llegado solo a algunas provincias. Para lograr cubrir todo el país se requiere elevar la producción de bioetanol. La provincia de Chimborazo, ubicada en la sierra central de Ecuador, es una provincia con vocación agrícola, y en 2016 fue la provincia con mayor extensión de cultivo de papa en el país, duplicando la producción del rubro en comparación al 2015, lo que generó una sobreproducción y a su vez una disminución del 50% del precio de la papa en el mercado, ocasionando una significativa reducción de los ingresos a los productores. En la búsqueda de usos alternativos de la papa, se propuso evaluar la potencialidad de la provincia para la obtención de bioetanol a partir de este cultivo. Es por ello que se realizó una revisión de los principales aspectos que permitirían desarrollar esta actividad como lo son las características económicas-sociales de la provincia, producción de papa y la sustentabilidad de la producción de bioetanol. Se obtuvo a partir de cálculos teóricos, que del procesamiento de solo un 1% de la producción de la papa se podrían alcanzar volúmenes de bioetanol similares a los aportados por la provincia de Cañar al proyecto Ecopaís. En términos generales, la provincia presenta un panorama favorable para el desarrollo de proyectos de producción de bioetanol a partir de la papa.

Palabras clave: papa, bioetanol, Ecopaís.

POTENTIALITY OF THE CHIMBORAZO PROVINCE FOR THE PRODUCTION OF BIOETHANOL FROM THE POTATO

ABSTRACT

In Ecuador, it was proposed from 2010 as a short-term goal to incorporate 5% of bioethanol into gasoline, through the Ecopais project. Among the objectives of this project is to reduce the outflow of foreign exchange, save on subsidies, encourage agricultural and industrial employment, reduce CO_2 emissions, among others. At this moment only some provinces count on gasoline with 5% of bioethanol. In order to cover the whole country, it is necessary to increase the production of bioethanol. The Chimborazo province, located in the sierra region of central Ecuador, is a province with an agricultural vocation, and in 2016 it was the province with the largest extension of potato cultivation in the country, doubling its production compared to 2015, which

led to an overproduction and a 50% decrease in the price of potatoes in the market, causing a reduction in the economic income of producers. In the search for alternative uses of the potato, it was proposed to evaluate the potential of the province to obtain bioethanol from this crop. That is why a review of the main aspects that would allow this activity to be developed, such as the economic-social characteristics of the province, potato production and the sustainability of bioethanol production. It was obtained from the theoretical calculations that the processing of only 1% of the potato production was converted into bioethanol volumes similar to those contributed by the Cañar province to the Ecopaís project. In general terms, the province presents a favorable scenario for the development of bioethanol production projects from the potato.

Key words: potato, bioethanol, Ecopais.

1. INTRODUCCIÓN

Los biocombustibles se han convertido en una fuente de energía alternativa para el sector transporte a nivel mundial en las últimas décadas, ellos representan una solución no solo a factores de índole económico como lo es la inestabilidad e incertidumbre de los precios del petróleo en los mercados internacionales (Khoshsima y col., 2017), sino también a factores ambientales, ya que sustituyen los combustibles fósiles, estos últimos representan más del 80% del total de la energía que se emplea en el mundo, generando emisiones de grandes cantidades de gases de efecto invernadero a la atmósfera (Mansouri y Col., 2016).

El desarrollo en materia de biocombustibles ofrece a los países nuevas oportunidades de inversión, fortalecer su economía rural además de reducir la brecha entre países desarrollados y aquellos que se encuentran en vías de desarrollo, en aspectos como innovación y generación de ingresos, por la incorporación de valor agregado a nuevos productos energéticos (Pacini y col., 2013).

Las principales fuentes para obtener biocombustibles son cereales, jugo caña de azúcar y semillas oleaginosas (biocombustibles de primera generación). También se obtiene biocombustibles a partir de subproductos lignocelulósicos de cultivo de alimentos como la paja de cereales, bagazo de caña de azúcar, residuos forestales, así como a partir de residuos orgánicos municipales, cultivos de ciclo corto y otros de interés energético. Los combustibles obtenidos a partir de subproductos como los mencionados anteriormente, y que no son empleados en alimentación animal o humana, se les ha denominado combustibles de segunda generación (Sims y col., 2010; Mohr y Raman, 2013).

En Ecuador, al igual que otros países de América Latina, se ha considerado la incorporación de biocombustibles como fuente alternativa de energía para el sector transporte, incorporando un 5% de bioetanol en la gasolina y 10% de biodiesel en el diésel que se utilizan en el país (IPEI, 2013). Para alcanzar estos porcentajes se requiere elevar considerablemente en el país la producción tanto de bioetanol como de biodiesel. Esto hace

necesario avanzar en el desarrollo de cultivos alternativos a la caña de azúcar para producción de etanol con fines carburantes (Gomelski y col., 2011).

La provincia de Chimborazo es una provincia predominantemente agrícola, pasó de producir 44.093 toneladas de papa en el 2015 a 113.588 toneladas en el 2016 (MAGAP, 2016), generando una sobreproducción del rubro que afecta directamente los precios de comercialización, los cuales han caído de 20 USD a 10 USD el quintal (100 libras), amenazando la sostenibilidad del cultivo de la papa en la provincia.

Siendo la papa un tubérculo con alto contenido de almidón, y que este a su vez puede convertirse en etanol mediante un proceso de hidrólisis-fermentación, se propone evaluar las perspectivas de la provincia del Chimborazo para la obtención de bioetanol a partir de la papa con la finalidad de contribuir, en primer lugar con la sostenibilidad del cultivo como actividad comercial en la provincia, y en segundo lugar con el objetivo del país de alcanzar el 5% de bioetanol en la gasolina que se utiliza en todo el territorio.

2. BIOCOMBUSTIBLES EN ECUADOR

En Ecuador se ha planteado desarrollar el sector de los biocombustibles sobre tres premisas: seguridad alimentaria, sostenibilidad ambiental e inclusión productiva (Andes, 2013). El interés del gobierno en esta materia quedó plasmado en el Plan Nacional del Buen Vivir 2013-2017 que entre sus objetivos plantea: “Aprovechar los procesos de bio-digestión e impulsar la producción de etanol a partir de subproductos agrícolas, y la producción de biodiesel a partir de micro algas y piñón” (PNBV, 2013). Para fomentar la inversión en biocombustibles se establecieron varios incentivos entre los que destacan deducciones adicionales al cálculo del impuesto sobre la renta, exoneración de impuestos a la salida de divisas en los casos de financiamiento proveniente del exterior, exoneración del pago de anticipo al impuesto sobre la renta durante los primeros cinco años, entre otros.

En el año 2010 se puso en marcha un plan piloto llamado Ecopaís, en este se contempló la obtención de una mezcla de gasolina con 5% de bioetanol. Este plan demostró su viabilidad en cuanto a la existencia del mercado y la aceptación del producto, pero en principio tuvo limitaciones para reemplazar toda la gasolina extra de Guayaquil debido a la falta de producción de etanol en el país (Gomelski y col., 2011). Este proyecto le ha dado al país múltiples beneficios, tanto económicos como sociales y ambientales:

- Reduce salida de divisas al disminuir las cantidades que se deben importar de nafta de alto octanaje (EPP, 2017). En los primeros tres años del proyecto Ecopaís se

distribuyeron 120 millones de galones de gasolina con 5% de etanol, generando un ahorro neto en divisas al país de 14 millones de dólares (Andes, 2013). La meta para el 2017 es ahorrar por este concepto 286 millones de dólares.

- Permite ahorrar por conceptos de subsidios 2,2 millones de dólares.
- Fomenta empleos en el área agrícola e industrial.
- Reduce de 476 mil TM en emisiones de CO_2 a la atmósfera, lo que equivale a que dejara de circular por un año el parque automotor de Portoviejo, 3ra ciudad en población de Ecuador (MCPEC, s.f.).

En Ecuador, el etanol empleado en la gasolina se obtiene a partir del jugo de la caña de azúcar. Para el 2014 la producción de etanol en Ecuador era de 40 millones de litros al año, la meta para alcanzar el porcentaje establecido es de 400 millones de litros al año. Se esperaba que para el 2016 ya todos los vehículos que circulaban en Ecuador se surtieran con gasolina Ecopaís (La Nación, 2014) pero no se logró, y se esperaba entonces que se alcanzaría en el 2017 (El Mercurio, 2015), pero a la fecha la gasolina Ecopaís es comercializada solo en ocho provincias del país: Esmeraldas, Guayas, Los Ríos, Manabí, Santa Elena, Loja, Zamora y El Oro. Para cubrir el resto del territorio es necesario aumentar la producción de bioetanol en el país (EPP, 2017) y la capacidad instalada para el procesamiento de esta. En relación a la producción de materia prima, se requiere incrementar también la extensión sembradas de caña de azúcar u otros cultivos a partir de los cuales se pueda obtener bioetanol (IPEI, 2013).

2.1. PRODUCCIÓN Y MERCADEO DE BIOETANOL EN ECUADOR

En la sierra central ecuatoriana se produce alcohol artesanal a partir del jugo de la caña de azúcar, parte del alcohol producido es utilizado en el proyecto Ecopaís. A través del Ministerio de Industrias y Productividad, institución que preside desde el 2009 el Consejo Nacional de Biocombustibles, se convoca a proveedores de alcohol artesanal de la sierra anualmente a participar en procesos licitatorios para la adquisición de alcohol artesanal, de esta manera se asignan cupos de volumen que las cuatro empresas alcoholeras (PRODUCARGO, S. A., CODANA, S. A., SODERAL, S. A. y CADO) le compran a las nueve asociaciones de productores artesanales de alcohol de las provincias de Pichincha, Bolívar, Cotopaxi y Cañar, estas últimas alcanzaron proveer desde enero 2016 y durante 14 meses, 1.732.387 litros de alcohol artesanal de 60% v/v. La meta para el 2017 es llegar a 6 millones de litros de alcohol artesanal. En la tabla 1 se muestran las asociaciones artesanales por

provincia, el número de socios que las conforman y los litros de alcohol que a cada una de ellas se les asignó (MCPEC, s.f.). En esta tabla se puede ver que de esta actividad se benefician de forma directa al menos 644 personas, y que solo el 35% del etanol producido por estas asociaciones es destinado al proyecto Ecopaís, con estos se evita poner en riesgo la seguridad alimentaria del país.

2.2. CARACTERIZACIÓN DE LA PROVINCIA CHIMBORAZO

La provincia de Chimborazo se encuentra ubicada en la sierra central del Ecuador, tiene una extensión de aproximadamente 5 278 Km^2, representando el 2% del territorio nacional. Esta es una provincia predominantemente rural, el 61% de sus habitantes vive en áreas rurales, según el censo poblacional de 2001, de la población económicamente activa de la provincia, casi la mitad se ubica zonas rurales (49,7%). La agricultura generó 94 millones de dólares para el año 2007, siendo la tercera actividad económica más importante en la provincia, antecedida por el comercio y la industria manufacturera. En el Chimborazo existen 81 668 productores empleando 471 mil hectáreas para la agricultura, esto representa un 89,23% de su extensión territorial. Entre los rubros que se cultivan se encuentran la papa, el maíz, la cebada, el trigo y la quinua (MCPEC, 2011). En lo que respecta a la producción pecuaria, predomina la ganadería bovina criolla de doble propósito. Se estima que en el 2008 la producción lechera en la provincia fue de 130 000 litros de leche diarios.

En la tabla 2 se muestran la producción de los diferentes rubros agrícola de la provincia Chimborazo durante el año 2016, ordenados de mayor a menor producción, y en la que destaca la papa como el rubro con mayor producción en la provincia.

En el ámbito social, el 54% de la población provincial está por debajo de la línea de pobreza, con ingresos menores al costo mínimo de la canasta de bienes y servicios, mientras que el 29% está por debajo de la línea de pobreza extrema, con ingresos menores al costo mínimo de una canasta básica alimenticia. El desempleo se situó en 1,6%, lo cual es bajo en relación a otras provincias de la sierra. Aun con este nivel de desempleo, se hace necesario diversificar la economía a través de actividades productivas que permitan generar fuentes de empleo y elevar el nivel de ingreso de la población de la provincia.

Tabla 1. Distribución del cupo Ecopaís entre las diferentes asociaciones artesanales proveedoras de alcohol obtenido a partir del jugo de la caña de azúcar, ubicadas en las provincias de Cotopaxi, Bolívar, Pichincha y Cañar

PROVINCIA	ASOCIACIÓN ARTESANAL	No. DE SOCIOS	PRODUCCIÓN MENSUAL DE ALCOHOL ARTESANAL (L)	CUPO ECOPAÍS (14 MESES)(L)	PORCENTAJE DE PRODUCCIÓN DESTINADA A ECOPAIS	EMPRESA ALCOHOLERA
COTOPAXI	Asociación Comunitaria Agroindustrial Agua Santa "ASOGRAS"	96	45.000	240.128	38,11%	SODERAL S.A.
	Asociación de Productoras de la Caña de Azúcar y sus Derivados del Cantón Pangua	180	85.450	234.000 147.636	31,90%	PRODUCARGO S. A. CADO
	Asociación Artesanal Alambiques Nacionales	55	33.160	160.000	34,46%	CODANA S.A.
	Asociación de Productores Agropecuarios Esperanza 2000	80	13.140	112.245	61,01%	PRODUCARGO S.A.
	SUBTOTAL	**411**	**176.750**	**894.009 (51,61%)**		
BOLÍVAR	Asociación de Cañicultores de la Parroquia Facundo Vela	93	40.000	240.128	42,88%	SODERAL S.A.
	Asociación de Desarrollo Social Integral Nuevo Progreso de Jilimbí	36	21.042	160.000	54,31%	CODANA S.A.
	SUBTOTAL	**129**	**61.042**	**400.128 (23,10%)**		
PICHINCHA	Asociación de Productores Agropecuarios Nueva Luz del Meridiano	7	20.000	118.250	42,23%	CODANA S.A.
	Asociación de Producción Industrial La Molienda "ASOPROIMO"	22	20.450	160.000	55,88%	CODANA S.A.
	SUBTOTAL	**29**	**40.450**	**278.250 (16,06%)**		
CAÑAR	Asociación de Productores de Aguardiente de la Zona Baja del Cañar	75	71.250	160.000	16,04%	PRODUCARGO S.A.
	SUBTOTAL	**75**	**71.250**	**160.000 (9,24%)**		
	TOTAL	**644**	**349.492**	**1.732.387 (100%)**		

Fuente: (MCPEC, s.f.). L=litros.

Tabla 2. Producción agrícola de la provincia de Chimborazo en el año 2016.

Cultivo	Producción (ton)
Papa (tubérculo fresco)	113.588
Cebada (grano seco)	9.010
Brócoli (repollo)	6.373
Banano (fruta fresca)	5.308
Fréjol tierno (en vaina)	5.259
Maíz suave choclo (en choclo)	5.218
Haba tierna (en vaina)	4.588
Maíz suave seco (grano seco)	4.388
Tomate riñón (fruta fresca)	4.106
Trigo (grano seco)	2.804
Arveja tierna (en vaina)	994
Fréjol seco (grano seco)	489
Cacao (almendra seca)	272
Haba seca (grano seco)	225
Tomate de árbol (fruta fresca)	107
Maíz duro choclo (en choclo)	96
Arveja seca (grano seco)	91

Fuente: MAGAP, 2016.

2.3. ETANOL A PARTIR DE LA PAPA

En la figura 1 se muestra el esquema de reacción a partir del cual se obtiene el etanol a partir de la papa, este se lleva en dos etapas, una hidrólisis del almidón seguida de la fermentación de los azúcares producidos en la hidrólisis.

El interés por la producción de etanol a partir de la papa es mundial, son innumerables las investigaciones que se han realizado con el objetivo de optimizar las variables del cultivo y de las reacciones de hidrólisis y fermentación, con la finalidad de maximizar la producción de etanol al menor costo posible, con esta idea se han llevado a cabo investigaciones cuyo objetivo ha sido aumentar la producción de etanol evaluando aspectos como tiempo pos

cosecha de la papa para su procesamiento y el método de calentamiento empleado en las reacciones (convencional y microondas), así como los costos asociados a estos métodos de calentamiento, obteniendo los mayores valores de conversión a etanol a los 25 días después de la cosecha. En relación al método de calentamiento se obtuvó que con el método convencional la conversión fue 9% más alta (Schweinberger y col., 2016).

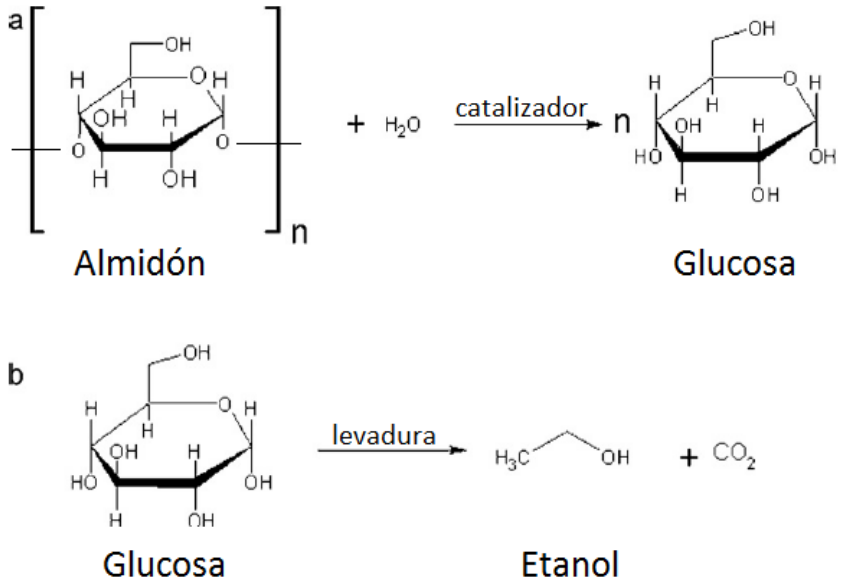

Figura 1. Esquema de reacción para la obtención de etanol a partir de la papa. (a) hidrólisis del almidón. (b) fermentación de la glucosa (Tasic & Veljkovic, 2011).

En la evaluación de co-cultivos de la *trichoderma sp* con *Saccharomyces cerevisiae* en relación 1:4 para la producción de bioetanol a partir de la papa mediante una extracción en fase sólida, se obtuvo un máximo en la producción de etanol a las 72 horas de 172 g por cada kilogramo de sustrato (Swain y col., 2013).

También se han llevado a cabo estudios sobre efectos combinados de concentración de enzima y sustrato en dos variedades de papas colombianas (Parda Pastusa y Tuquerreña), encontrando que el efecto combinado entre las concentraciones de la enzima α-amilasa y el sustrato, se ve favorecidas al utilizar los valores de 0,336 mL kg^{-1} sustrato y 42,2% respectivamente, alcanzado una producción de alcohol de 8,51% v/v (Lizarazo y col., 2015).

Con la utilización de *Zymomonas mobilis* para la etapa de la fermentación se ha llegado a obtener 14,4 g de etanol por cada 100 g de papa fresca, dando un rendimiento del 87,2% (Zhang y col., 2013).

ISNN 2588-0764

Un aspecto importante en la producción de etanol a partir de la papa es que esta no solo limita al procesamiento del tubérculo, sino también el procesamiento de subproductos o residuos del rubro, debido a que estos últimos presentan similares niveles de almidón, en este sentido se han llevado cabo estudios sobre el procesamiento de residuos de almidón de papa provenientes del proceso de fabricación de papas fritas, alcanzando la hidrólisis completa del almidón con 1% de H_2SO_4 a 100 ºC por una hora. De la evaluación de dos cepas *Saccharomyces cerevisiae* en este proceso, fue la *S. cerevisiae y-1646* la que permitió obtener los mayores valores de producción de etanol, 5,52 g L^{-1} (Hashem & Darwish, 2010).

En la búsqueda de aumentar producción y reducir costos, se evaluó la utilización de residuos de la industria de la papa y se sustituyó el uso de enzimas por una hidrólisis-fermentación simultánea con *Aspergillus niger* y *Saccharomyces cerevisiae*, obteniendo en condiciones óptimas 0,41 gramos de etanol por gramo de almidón (Izmirlioglu y Demirci, 2017).

Uno de los residuos de la papa sobre los que se tiene especial interés para la obtención de etanol es la concha del tubérculo, es por ello que se han desarrollado estudios para la obtención de etanol a partir de la concha mediante hidrólisis con una combinación de tres enzimas, obteniendo una producción de 7,58 g L^{-1} de etanol, con un rendimiento de 91,6% (Arapoglou y col., 2010). En otras investigaciones en la que se han sustituido enzimas comerciales por otras preparadas in-situ, se ha llegado a obtener una producción de etanol de 21 g L^{-1} a partir del procesamiento de la concha (Khawla y col., 2014).

Se hace evidente la importancia de la investigación en la búsqueda de condiciones que permitan maximizar la producción de etanol evaluando las diferentes variables que influyen en el proceso, en las que se incluyen variedad de la papa, tiempo de cosecha, tipo y concentración de catalizador y levadura en la hidrólisis y fermentación, respectivamente.

2.4. PRODUCCIÓN DE PAPA EN CHIMBORAZO

Registros oficiales indican que la provincia de Chimborazo es la que posee la mayor extensión de tierra dedicada al cultivo de la papa en Ecuador con 8.852 hectáreas sembradas, con una producción durante 2016 de 113.588 toneladas, lo que representa el 26,87% de la producción nacional, ubicando a la provincia en segundo lugar en producción nacional, después de la provincia de Carchi, esto debido a que el rendimiento de producción de papa en Chimborazo fue de 15,3 toneladas por hectárea, mientras que en la provincia Carchi fue de 21,1 toneladas por hectárea (MAGAP, 2016). En el año 2016 la

producción de papa fue más del doble a la generada en 2015, esto produjo que el precio del rubro pasara de 20 USD a 10 USD el quintal, ocasionando una reducción significativa en los ingresos de los productores de la región, generando la necesidad de diversificar los usos de este rubro y con ello evitar el desplome en los precios que se presentan cuando existe una sobreoferta del producto.

Entre los factores que favorecen la producción de papa en Chimborazo están: población económicamente activa dedicada principalmente a la producción agropecuaria, existencia de organizaciones sociales productivas cohesionadas y una academia comprometida con la transformación de la matriz productiva (Senplades, 2015).

A partir de una encuesta de manufactura realizada en Chimborazo en 2007 se estableció que de las 10 actividades comerciales con mayor potencial a desarrollar en la provincia, la obtención de etanol a partir de la papa ocupaba el primer lugar en base a la facturación regional estimada (MCPEC, 2011).

Según reportes oficiales, en el Chimborazo se cultivan al menos 10 variedades de papa. Entre las variedades mejoradas se encuentran: cecilia, yana shung y victoria, y entre las nativas se encuentran: leona negra y chaucha colorada, entre otras, con niveles de almidón variables, entre 14 y 22% en tubérculo fresco (Torres y col., 2011). A partir de estos niveles de almidón se puede determinar que para la obtención de 160.000 litros de etanol anuales con una pureza de 60% v/v, cantidad de etanol similar a la aportada por la provincia Cañar al proyecto Ecopaís, con una conversión de 0,41 gramos de etanol por cada gramo de almidón procesado (Izmirlioglu y Demirci, 2017), se requerirían aproximadamente 1.300 toneladas de papa, lo que representa apenas un 1,14% de la producción de papa de la provincia. Cabe resaltar que este volumen de producción de etanol en la provincia también se podría lograr a partir de la concha proveniente del procesamiento de 8.666 toneladas de papa, debido a que los residuos generados a partir del retiro de la concha del tubérculo están entre el 15 y el 40% del material procesado, dependiendo de la técnica aplicada, como abrasión o vapor, entre otras (Schieber y col., 2001), lo que hace ventajoso este proceso en comparación con la obtención de etanol a partir de otros cultivos.

2.5. SUSTENTABILIDAD DE LA PRODUCCIÓN DE BIOCOMBUSTIBLES

Son varios los factores que se debe tomar en cuenta para garantizar la sustentabilidad de esta actividad comercial, a continuación, presentamos de estos factores, los principales:

2.5.1. Costos de producción y cadena de precios

ISNN 2588-0764

En el caso de los biocombustibles, los costos de producción varían entre países y/o regiones debido a factores agroclimáticos, la disponibilidad de tierras y el costo de la mano de obra, que a su vez inciden en el tipo de cultivos empleados como materia prima, factor que determina la tecnología de transformación. Los precios de la materia prima para la destilación deben permitir generar un margen que resulte en una rentabilidad apropiada para el productor agrícola. A su vez el precio mayorista del etanol debe producir también un margen para la destilería. Al final de esta cadena de costos y precios, el producto debe llegar al punto de mezcla y distribución con un precio compatible con las referencias de mercado para evitar sobrecostos al consumidor final o aumentos de los subsidios del Estado mientras estos se mantengan (Gomelski y col., 2011).

En estudios realizados en Colombia se ha determinado que la producción de alcohol a partir de la papa genera margen de utilidad mayor que el obtenido de la comercialización directa de la papa (Lizarazo y col., 2015). Estos aspectos, aun cuando garantizan la viabilidad económica de esta actividad, se deben vigilar y controlar para que no afecten la seguridad alimentaria. Una ventaja que presenta la obtención de bioetanol a partir de la papa desde el punto de vista económico es que se pueden procesar productos que no cumplan con las especificaciones de mercado para su comercialización o subproductos como la concha, logrando con ello darle un valor comercial a un material que no tiene. En Canadá, por ejemplo, en la región de New Brunswick, del procesamiento de 44 000 toneladas de desecho de plantas procesadoras de papa se producen entre 4 y 5 millones de litros de etanol al año (IYP, 2008).

2.5.2. Soberanía Alimentaria

Debido a que el principal uso de la papa es como fuente de alimento, previo a la explotación de este rubro para la obtención de bioetanol se debe hacer un reconocimiento del derecho que tienen los pueblos para controlar su sistema agroalimentario y sus factores de producción, logrando que estos se desarrollen de forma autónoma y equitativa, garantizando la provisión permanente de alimentos sanos, nutritivos, suficientes y culturalmente apropiados a la población (Senplades, 2015), buscando un equilibrio entre la producción de alimentos y la producción de bioetanol. Existen países en los que la producción de azúcar y etanol coexisten de forma equilibrada, generando un mercado complementario y optimizando la rentabilidad a los productores. Ejemplo de ello son el sector azucarero de Brasil y Colombia. De hecho, no se han evidenciado conflictos entre

la producción de alimentos y la producción de energía en los países de América Latina y el Caribe, tal como se expresó en las conclusiones del III Seminario Latinoamericano y del Caribe de Biocombustibles realizado en República Dominicana en 2008 (Gomelski y col., 2011). En Ecuador, el bioetanol destinado al proyecto Ecopaís se obtiene a partir del jugo de la caña de azúcar. Esto no ha afectado la soberanía alimentaria del país, específicamente en lo concerniente a los niveles de producción y precios de los principales productos alimenticios obtenidos a partir del jugo de la caña: panela, aguardiente y azúcar, en parte debido a que solo un porcentaje del etanol producido (35%) se destina al proyecto Ecopaís.

En el caso de la papa, la amenaza a la seguridad alimentaria es menor, ya que para la producción de bioetanol se pueden utilizar subproductos del rubro como la concha o productos fuera de especificación (Izmirlioglu y Demirci, 2017).

2.5.3. Investigación y desarrollo en biocombustibles

En Ecuador se hace necesario fomentar la investigación y desarrollo sobre otros cultivos para fines energéticos, así como elevar la producción de estos cultivos en distintas regiones del país, aumentando con ello el nivel de empleo (Gomelski y col., 2011). Para desarrollar investigación en la provincia Chimborazo se cuenta con dos de las más grandes universidades del país, la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH) y la Universidad Nacional de Chimborazo (UNACH), las cuales ya han desarrollado proyectos de investigación relacionados con biocombustibles. Es de vital importancia incorporar a estas instituciones en los planes de desarrollo de la provincia en materia de biocombustibles, ya que con su aporte en investigación se podrán alcanzar altos niveles de eficiencia que hagan la actividad sostenible en todas sus etapas, desde el cultivo de materia prima para elevar el rendimiento a los niveles alcanzados en otras provincias, así como el estudio de todas las variables que influyen en las reacciones de hidrólisis-fermentación con la finalidad de lograr la mayor conversión a etanol, hasta la evaluación de nuevas mezclas de biocombustibles en vehículos.

3. CONCLUSIONES

La potencialidad de la producción de bioetanol a partir de la papa en Chimborazo se sustenta en la necesidad de encontrar usos alternativos a la sobreproducción del rubro, a la vocación agrícola de la provincia, la necesidad del país de aumentar la producción de biocombustibles, en contar con instituciones académicas prestas a desarrollar proyectos de

investigaciones en el área, en la necesidad de dar valor comercial a subproductos o residuos del cultivo, en generar nuevas fuentes de empleo a partir de la instalación de plantas procesadoras para la obtención de alcohol, entre otros aspectos.

4. AGRADECIMIENTO

Los autores agradecen la valiosa colaboración a las siguientes instituciones: MAGAP – Coordinación zonal 3 (Riobamba), CONPAPA – Sede Riobamba y al Centro Internacional de la Papa (CIP) – Sede Quito.

5. REFERENCIAS

Andes (22 de septiembre de 2013). Ecuador ampliará la producción de biocombustibles hasta el 2020. Recuperado de: http://www.andes.info.ec/es/economia/ecuador-ampliara-produccion-biocombustibles-hasta-2020.html

Arapoglou D., Varzakas Th., Vlyssides A. Israilides C. (2010) Ethanol production from potato peel waste (PPW). Waste Management. 30:1898–1902.

El Mercurio (20 de febrero de 2015). En 2017 se comercializaría gasolina “Ecopaís” a nivel nacional. Recuperado de: http://www.elmercurio.com.ec/468574-en-2017-se-comercializaria-gasolina-ecopais-a-nivel-nacional/.

EPP (21 de febrero de 2017). EP Petroecuador inicia despacho de gasolina Ecopaís en Esmeraldas. Recuperado de: http://www.eppetroecuador.ec/?p=3494.

Gomelski, R., Chiliquinga, B., Figueroa, F. (2011). Política Nacional de Biocombustibles en Ecuador. USAID. Ecuador. Recuperado de http://pdf.usaid.gov/pdf_docs/Pnadw724.pdf.

Hashem M. & Darwish S (2010). Production of bioethanol and associated by-products from potato starch residue stream by Saccharomyces cerevisiae. Biomass and Bioenergy. 34(7):953-959.

IPEI. (2013). Biocombustibles. Recuperado de http://www.proecuador.gob.ec/wp-content/uploads/2015/06/Perfiles-de-Inversiones-Promocion-de-Inversiones/Perfiles-de-Inversion/Biocombustibles.pdf.

IYP. (2008). International year of the potato. Utilization: Uses of potato. Recuperado de: http://www.potato2008.org/en/potato/utilization.html.

Izmirlioglu G., Demirci A. (2017). Simultaneous saccharification and fermentation of ethanol from potato waste by co-cultures of Aspergillus niger and Saccharomyces cerevisiae in biofilm reactors. Fuel 202:260–270.

Khawla B. J., Sameh M., Imen G., Donyes F., Dhouha G., Raoudha E. G., Oumema N. E. (2014). Potato peel as feedstock for bioethanol production: A comparisonof acidic and enzymatic hydrolysis. Industrial Crops and Products. 52:144– 149.

Khoshsima A., Brock D., Touraud D., Kunz W. (2017). Pre-formulation of biofuels: Kinematic viscosities, low-temperature phase behaviour and nanostructuring of ethanol/‘‘ethanolotrope”/rapeseed oil mixtures. Fuel 191:212–220.

La Nación (29 de septiembre de 2014). Ecopaís pondrá a rodar todos los carros en Ecuador en el 2016. Recuperado de: http://lanacion.com.ec/ecopais-pondra-a-rodar-todos-los-carros-en-ecuador-en-el-2016/.

Lizarazo H., Hurtado R., Rodríguez C. (2015). Análisis técnico económico de la producción de bioetanol a partir de papa a nivel de laboratorio en Boyacá. Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas 9(1): 97-111.

MAGAP (2016). Superficie, Producción y Rendimiento. Período 2002 – 2016 (INEC - ESPAC). Recuperado de: http://sinagap.agricultura.gob.ec/index.php/reportes-dinamicos-espac.

Mansouri A., Rihani R., Laoufi A. N., Özkan M. (2016). Production of bioethanol from a mixture of agricultural feedstocks: Biofuels characterization Fuel 185:612–621.

MCPEC (2011). Agendas para la Transformación Productiva Territorial: Provincia de Chimborazo. Recuperado de: www.produccion.gob.ec/wp.../02/AGENDA-TERRITORIAL-CHIMBORAZO.pdf.

MCPEC (s.f.). PROYECTO ECOPAÍS. Recuperado de: http://www.produccion.gob.ec/wp-content/uploads/2016/03/INFORME-PROYECTO-ECOPA%C3%8DS-01-03-16-1.pdf.

Mohr A., Raman S. (2013) Lessons from first generation biofuels and implications for the sustainability appraisal of second generation biofuels. Energy Policy 63:114–122.

Pacini H., Assunção L., Damc J., Toneto R. (2013). The price for biofuels sustainability. Energy Policy 59:898–903.

Período 2002 – 2016 (INEC - ESPAC). Recuperado de: http://sinagap.agricultura.gob.ec/index.php/reportes-dinamicos-espac.

Plan Nacional del Buen Vivir. (2013). Recuperado de: http://www.planificacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/07/Plan_Nacional_para_el_Buen_Vivir.pdf.

Schieber A., Stintzing F.C., Carle R. (2001). By-products of plant food processing as a source of functional compounds — recent developments. Trends in Food Science & Technology 12:401–413.

Schweinberger, C. M., Putti, T. R., Susin, G. B., Trierweiler, J. O. and Trierweiler, L. F. (2016). Ethanol production from sweet potato: The effect of ripening, comparison of two heating methods, and cost analysis. Can. J. Chem. Eng., 94: 716–724.

Senplades (2015). Agenda Zonal ZONA 3-Centro. Provincias de Cotopaxi, Tungurahua, Chimborazo y Pastaza 2013 – 2017. Recuperado de: http://www.planificacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/11/Agenda-zona-3.pdf.

Sims R. E. H., Mabee W., Saddler J. N., Taylor M. (2010). An overview of second generation biofuel technologies Bioresource Technology 101:1570–1580.

Swain M. R., Mishra J., Thatoi H. (2013). Bioethanol Production from Sweet Potato (Ipomoea batatas L.) Flour using Co-Culture of Trichoderma sp. and Saccharomyces cerevisiae in Solid-State Fermentation. Brazilian archives of Biology and technology. 56(2): 171-179

Tasic M., Veljkovic V. (2011) Simulation of fuel ethanol production from potato tubers. Computers and Chemical Engineering. 35:2284– 2293.

Torres L., Cuesta X., Monteros C., Rivadeneira J. (2011) Variedades. Recuperado de: https://cipotato.org/es/cip-quito/informacion/inventario-de-tecnologias/variedades/.

Zhang P., Chen C., Shen Y., Ding T., Ma D., Hua Z., Sun D. (2013). Starch saccharification and fermentation of uncooked sweet potato roots for fuel ethanol production. Bioresource Technology 128:835–838.

Revista Bases de la Ciencia - ISSN 2588-0764

Publicación Cuatrimestral. Vol. 2, Año 2017, Nº 1 (31-44).

SOLUCIÓN ANALÍTICA AL PROBLEMA NO HOMOGÉNEO DEL LÁTIGO

MSc. Juan Sabas Salas*; MSc. Glay Cedeño C.; MSc. Victor García P .; MSc. Luis Cobacango L .; MSc. Willam Moreano G .; MSc. José Guanoluiza C .; MSc. Jofre Veliz V .; MSc. Luis Zambrano V .; MSc. Maritza Vélez P

Universidad Técnica de Manabí. Instituto de Ciencias Básicas. Departamento de Matemáticas. Portoviejo Manabí-Ecuador.
*Autor para la correspondencia. Email: jsabas@utm.edu.ec

Recibido: 10-01-2017 / Aceptado: 19-4-2017

RESUMEN

Debido a la complejidad del método de solución de superposición de ondas, encontrar soluciones analíticas en las ecuaciones diferenciales parciales se hace complicado. En este artículo presentamos un método teórico de solución al problema general de propagación unidimensional de ondas que permiten dividir el problema en otros de menor complejidad. Aplicando el método de separación de variables de Fourier y la Transformada de Laplace se obtiene detalladamente la solución analítica al problema no homogéneo del látigo.

Palabras clave: Ecuación de onda, Transformada de Laplace, Solución analítica.

ANALYTIC SOLUTION TO THE NON-HOMOGENEOUS WHIP PROBLEM

ABSTRACT

Because of the complexity of the wave overlay solution method, finding analytical solutions in partial differential equations becomes complicated. In this article we present a theoretical method of solution to the general problem of unidimensional propagation of waves which allows the division of the problem into other smaller complexities. Applying the Fourier method of separation of variables and the Laplace transform gives the analytical solution to the non-homogeneous problem of the whip

Key words: wave equation**,** analytical solution, Laplace Transform.

1. INTRODUCCIÓN

Uno de los problemas más interesantes del que se ocuparon los científicos del Siglo XVIII, y que se presenta con relativa frecuencia en los problemas físicos relacionados con

procesos oscilatorios, fue el que se conoce con el nombre de **"El problema de la cuerda vibrante o Ecuación de Onda".**

La ecuación de la cuerda vibrante es la primera ecuación diferencial parcial que se descubre en la mecánica y este problema refleja perfectamente la interrelación que siempre ha existido entre la matemática y la física. El problema de la cuerda vibrante consiste en considerar una cuerda elástica de longitud L con los extremos fijos por conveniencia, en los puntos (0; 0) y (L; 0) del eje de abscisas, cuando la cuerda es apartada de su posición de equilibrio esta adopta la forma de una función continua de ecuación, y = f(x) y se suelta. ¿Cuál es el movimiento descrito por la cuerda Si los desplazamientos de la cuerda se hallan siempre en un mismo plano y el vector del desplazamiento es perpendicular en cualquier momento al eje de abscisas?. Dicho movimiento vendrá descrito por una función u (x; t) que representa el desplazamiento vertical de la cuerda, en la coordenada x ($0 \leq x \leq L$) y el tiempo t ($t \geq 0$). El problema planteado es obtener u (x; t) a partir de f(x).

El primer matemático que elaboró un modelo apropiado fue Jean Le Rond D'Alembert, bajo diversas hipótesis referentes fundamentalmente a que las "vibraciones sean pequeñas", demostró en (D'Alembert 1747) que la función U(x,t) satisface el problema de valor inicial:

$$\begin{cases} \dfrac{\partial^2 U}{\partial t^2}(x.t) = a^2 \dfrac{\partial^2 U}{\partial x^2}(x.t) \\ U(x,0) = f(x) \ ; \ \dfrac{\partial U}{\partial t}(x,0) = 0 \\ U(x,0) = 0 \ ; U(L,t) = 0 \ ; \ t \geq 0 \end{cases}$$

Y cuya solución viene dada por:

$$U(x,t) = \frac{1}{2}[\tilde{F}(x+t) + \tilde{F}(x-t)]$$

Esta solución consiste en la superposición de dos ondas viajeras a través de la cuerda en direcciones opuestas. Para D'Alembert la función de condición inicial f(x) debe ser una función analítica de clase $C^1_{[0,L]}$ cuya gráfica es una curva sin picos, es decir con primera derivada continua en $0 \leq x \leq L$ la cuerda con configuración inicial en forma de triángulo no es considerada " $C^n_{[0,L]}$ representa el conjunto de funciones que admiten n derivadas continuas en $[0, L]$ " en 1749, el matemático Leonhar Euler presentó su solución (Euler 1749) y coincidió en gran parte con la solución de D'Alembert, pero añadiendo un carácter más general a la solución y admitiendo que la función f(x) podría presentar puntos no diferenciables ó incluso discontinuidades finitas, es decir continua a tramos. De hecho,

ISNN 2588-0764

estas diferencias pueden considerarse como una de las primeras manifestaciones escritas sobre los problemas que ha llevado consigo la definición de la noción de función. Daniel Bernoulli presentó otra solución a la ecuación de la cuerda, de la forma: (Bernoulli 1753)

$$y(x,t) = \sum_{k=1}^{\infty} b_k Cos\left(\frac{k\pi at}{L}\right) Sen\left(\frac{k\pi x}{L}\right)$$

Donde los coeficientes b_k dependen de las condiciones iniciales. Así, según Bernoulli la cuerda oscila simultáneamente con varias frecuencias, mediante la superposición de ondas senoidales y cosenoidales, planteando de esta manera la posibilidad de desarrollar funciones en series trigonométricas. Esta solución es mucho más significativa desde el punto de vista físico que la de D'Alembert y explica los distintos armónicos que se producen en la vibración de las cuerdas de los instrumentos musicales; sucede que Bernoulli además de ser matemático, también se dedicaba a la física y a la música. Aun siendo correcta la solución de Bernoulli, generó varias críticas por parte de D'Alembert y Euler, que se rehusaban a admitir que una función general pudiera ser expresada en términos de series infinitas de funciones trigonométricas. A pesar de todas las críticas, Bernoulli estaba en lo correcto y su propuesta de desarrollar en series trigonométricas funciones arbitrarias, sería retomada más tarde por Fourier y Dirichlet, en cuyos trabajos constan las bases analíticas que demuestran la posibilidad de dichas expansiones.

El matemático y físico francés Jean Fourier 1822, publicó su libro Théorie Analytique de la Chaleur. Fourier fue pionero en el estudio de la transferencia del calor en sólidos y fue quien dedujo la denominada ecuación del calor, y bien la expansión en series trigonométricas no fue una idea original, el verdadero mérito de él ha sido encontrar el modelo matemático correcto para la conducción del calor, desarrollar el método de separación de variables para resolver una ecuación diferencial en derivadas parciales (EDP) y encontrar su solución analítica mediante la aplicación de series trigonométricas (Dyn McKean 1972).

2. METODOLOGIA

La función U (x,t), que describe las oscilaciones de la cuerda de longitud L , que se encuentra fija en un extremo (x=0) y libre en el otro extremo (x=L) , son gobernadas por el problema **P1.** Ecuación de onda unidimensional no homogéneo con condiciones iniciales no homogéneas, fija en el extremo x=0 y libre en extremo x=L (problema del látigo

P1 $\begin{cases} \frac{\partial^2 U}{\partial t^2}(x.t) = a^2 \frac{\partial^2 U}{\partial x^2}(x.t) + F(x.t) \quad 0 \le x \le L \ ; \ t \ge 0 \ ; \ U(x.t) \in \mathcal{C}^2_{[0,L]} \\ U(0,t) = 0 \ ; \ U(L,t) = ASen\omega t \ ; U(x,0) = f(x) \ ; \ \frac{\partial U}{\partial t}(x.0) = g(x) \end{cases}$

El problema **P1** se descompone en dos problemas. **P2** y **P3--** $P1 \rightarrow \begin{cases} P2 \\ P3 \end{cases}$

El problema **P2** se descompone en **P4** y **P5--** $P2 \rightarrow \begin{cases} P4 \\ P5 \end{cases}$ y el problema **P3** se descompone en **P5** y **P6--**$P3 \rightarrow \begin{cases} P6 \\ P7 \end{cases}$

$$P1 \rightarrow \begin{cases} P2 \rightarrow \begin{cases} P4 \\ P5 \end{cases} \\ P3 \rightarrow \begin{cases} P6 \\ P7 \end{cases} \end{cases}$$

La suma de las soluciones analítica de **P4, P5, P6** y **P7** constituyen la solución analítica del problema del látigo.

2.1 Solución analítica al problema no homogéneo del látigo.

Supongamos la solución del problema de la ecuación de onda no homogéneo **P1** de la siguiente manera:

$$U(x,t) = H(x,t) + W(x,t) \quad H(x,t) \ ; \ W(x,t) \in \mathcal{C}^2_{[0,L]}$$

$$\frac{\partial^2 U(x,t)}{\partial t^2} = \frac{\partial^2 H(x,t)}{\partial t^2} + \frac{\partial^2 W(x,t)}{\partial t^2}$$

$$\frac{\partial^2 U(x,t)}{\partial x^2} = \frac{\partial^2 H(x,t)}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 W(x,t)}{\partial x^2}$$

$$\frac{\partial^2 U}{\partial t^2}(x.t) = a^2 \frac{\partial^2 U}{\partial x^2}(x.t) + F(x.t) \ \rightarrow \frac{\partial^2 H(x,t)}{\partial t^2} + \frac{\partial^2 W(x,t)}{\partial t^2} = a^2 \left(\frac{\partial^2 H(x,t)}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 W(x,t)}{\partial x^2} \right) + F(x.t)$$

De esta igualdad se deducen las ecuaciones:

$\frac{\partial^2 H(x,t)}{\partial t^2} = a^2 \frac{\partial^2 H(x,t)}{\partial x^2} + F(x.t)$ y $\frac{\partial^2 W(x,t)}{\partial t^2} = a^2 \frac{\partial^2 W(x,t)}{\partial x^2}$

ISNN 2588-0764

Considerando las condiciones de borde se tiene:

$$U(0,t) = 0 \ \rightarrow H(0,t) + W(0,t) = 0 \ \rightarrow H(0,t) = 0 \, ; W(0,t) = 0$$

$$U(L,t) = H(L,t) + W(L,t) = ASen\omega t \quad \rightarrow \ \ H(L,t) = 0 \, ; \ W(L,t) = ASen\omega t$$

Tomando en cuenta las condiciones iniciales se tiene:

$$U(x,0) = H(x,0) + W(x,0) = f(x) \rightarrow H(x,0) = f(x); W(x,0) = 0$$

$$\frac{\partial U(x,t)}{\partial t} = \frac{\partial H(x,t)}{\partial t} + \frac{\partial W(x,t)}{\partial t} = g(x) \rightarrow \frac{\partial H(x,t)}{\partial t} = g(x) \, ; \, \frac{\partial W(x,t)}{\partial t} = 0$$

El problema **P1** se ha descompuesto en dos problemas de menor dificultad **P2** y **P3** es decir: $P1 \rightarrow \begin{cases} P2 \\ P3 \end{cases}$

La función $H(x,t)$ satisface el problema de onda no homogéneo con condiciones de borde homogéneas y condiciones iniciales no homogéneas:

P2 $\begin{cases} \dfrac{\partial^2 H}{\partial t^2} = a^2 \dfrac{\partial^2 H}{\partial x^2} + F(x,t) \qquad H(x.t) \in \mathrm{C}^2_{[0,L]} \\ H(0,t) = H(L,t) = 0 \, ; \ H(x,0) = \ f(x) \ \ ; \quad \dfrac{\partial H}{\partial t}(x,0) = g(x) \end{cases}$

La función $W(x,t)$ satisface el problema de onda homogéneo con condiciones iniciales homogéneas y en el extremo libre tiene condición de borde no homogéneas.

P3 $\begin{cases} \dfrac{\partial^2 W}{\partial t^2}(x.t) = a^2 \, \dfrac{\partial^2 W}{\partial x^2}(x.t) \qquad W(x.t) \in \mathrm{C}^2_{[0,L]} \\ W(0,t) = 0 \, ; \ W(L,t) = ASen\omega t; \ \ W(x,0) = 0 : \ \dfrac{\partial W}{\partial t}(x,0) = 0 \end{cases}$

Para buscar la solución analítica **P2** se descompone en dos problemas **P4** y **P5** es decir:

$P2 \rightarrow \begin{cases} P4 \\ P5 \end{cases}$

Supongamos la solución analítica al problema **P2** de la siguiente manera:

$$H(x,t) = V(x,t) + B(x,t) \;\text{ -- }\; V(x.t); B(x,t) \in C^2_{[0,L]}$$

$$\frac{\partial^2 H(x,t)}{\partial t^2} = \frac{\partial^2 V(x,t)}{\partial t^2} + \frac{\partial^2 B(x,t)}{\partial t^2}$$

$$\frac{\partial^2 H(x,t)}{\partial x^2} = \frac{\partial^2 V(x,t)}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 B(x,t)}{\partial x^2}$$

$$\frac{\partial^2 H}{\partial t^2} = a^2 \frac{\partial^2 H}{\partial x^2} + F(x,t) \rightarrow \frac{\partial^2 V(x,t)}{\partial t^2} + \frac{\partial^2 B(x,t)}{\partial t^2} = a^2 \left(\frac{\partial^2 V(x,t)}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 B(x,t)}{\partial x^2} \right) F(x,t)$$

Las funciones $V(x,t)\; y \;B(x,t)$ satisfacen las ecuaciones:

$$\rightarrow \frac{\partial^2 V}{\partial t^2} = a^2 \frac{\partial^2 V}{\partial x^2} + F(x,t) \;;\; \frac{\partial^2 B}{\partial t^2} = a^2 \frac{\partial^2 B}{\partial x^2}$$

Considerando las condiciones de borde se tiene:

$$H(0,t) = V(0,t) + B(0,t) = 0 \;\rightarrow V(0,t) = 0 \,; B(0,t) = 0$$
$$H(L,t) = V(L,t) + B(L,t) = 0 \;\rightarrow V(L,t) = 0 \,; B(L,t) = 0$$

Sustituyendo las condiciones iniciales se tiene:

$$H(x,0) = \; f(x) \;\rightarrow V(x,0) + B(x,0) = f(x) \;\rightarrow\; V(x,0) = 0 \,;$$
$$B(x,0) = f(x)$$

$$\frac{\partial H}{\partial t}(x,0) = g(x) \rightarrow \frac{\partial V(x,t)}{\partial t} + \frac{\partial B(x,t)}{\partial t} = g(x) \rightarrow \frac{\partial B(x,t)}{\partial t} = g(x) \,;$$
$$\frac{\partial V(x,t)}{\partial t} = 0$$

Donde $V(x,t)$ satisface el problema de onda no homogéneo con condiciones iniciales y de borde homogéneos:

ISNN 2588-0764

P4 $\begin{cases} \frac{\partial^2 V}{\partial t^2} = a^2 \frac{\partial^2 V}{\partial x^2} + F(x,t) & V(x.t) \in C^2_{[0,L]} \\ V(0,t) = V(L,t) = 0;\ V(x,0) = 0\ ;\ \frac{\partial V}{\partial t}(x,0) = 0 \end{cases}$

$B(x,t)$ Satisface el problema de onda homogéneo con condiciones iniciales no homogéneas y condiciones de borde homogéneas.

P5 $\begin{cases} \frac{\partial^2 B}{\partial t^2} = a^2 \frac{\partial^2 B}{\partial x^2} & B(x.t) \in C^2_{[0,L]} \\ B(0,t) = B(L,t) = 0\ ;\ B(x,0) = f(x)\ ;\ \frac{\partial B}{\partial t}(x,0) = g(x) \end{cases}$

Solución a P4

Consideremos la solución de P4 en forma de desarrollo de Fourier con respecto a la variable x, manteniendo a t como parámetro, es decir:

P4.1 $V(x,t) = \sum_{n=1}^{\infty} V_n(t) Sen(\frac{n\pi}{L})x$

Las funciones $V_n(t)$ determinan de forma unívoca la función V (x, t) solución de P4. Por otro lado tenemos:

P4.2 $F(x,t) = \sum_{n=1}^{\infty} F_n(t) Sen(\left(\frac{n\pi}{L}\right)x \quad ;\ F_n(t) = \frac{2}{L}\int_0^L F(ʒ,t) Sen(\left(\frac{n\pi}{L}\right)ʒ) dʒ$

Reemplazando **P4.2** en **P4** se tiene:

$$\sum_{n=1}^{\infty} \ddot{V}_n(t) Sen\frac{n\pi}{L}x + \sum_{n=1}^{\infty} a^2 (\frac{n\pi}{L})^2 V_n Sen\frac{n\pi}{L}x = \sum_{n=1}^{\infty} F_n(t) Sen(\left(\frac{n\pi}{L}\right)x$$

$$\sum_{n=1}^{\infty} [\ddot{V}_n(t) + (\frac{n\pi}{L})^2 V_n] Sen\frac{n\pi}{L}x = \sum_{n=1}^{\infty} F_n(t) Sen\left(\frac{n\pi}{L}\right)x$$

De esta igualdad y de las condiciones de borde de **P4**. Se deduce el problema de Cauchy.

P4.3 $\ddot{V}_n(t) + (\frac{an\pi}{L})^2 V(T) = F_n(t) \;\; ; \;\; V_n(0) = 0 \;\; ; \;\; \dot{V}_n(0) = 0$

Aplicamos la Trasformada de Laplace a **P4.3** para obtener solución analítica de **P4** se tiene.

$$\mathrm{L}\left[\ddot{V}_n(t)\right] + \left(\frac{an\pi}{L}\right)^2 \mathrm{L}[V_n] = \mathrm{L}[F_n(t)]$$

P4.4 $V_n(t) = L^{-1}\left[\frac{L[F_n(t)]}{S^2+(\frac{an\pi}{L})^2}\right] = F_n(t) * L^{-1}\left[\frac{1}{S^2+\left(\frac{an\pi}{L}\right)^2}\right]$

$$= F_n(t) * \frac{L}{an\pi} Sen\frac{an\pi}{L}t = \frac{L}{n\pi a}\int_0^t Sen\frac{n\pi a}{l}(t-\mathfrak{z})F_n(\mathfrak{z})d\mathfrak{z}$$

Reemplazando **P4.4** en **P4.1** se tiene:

P4.5 $V(x,t) = \sum_{n=1}^{\infty}\left(\frac{L}{n\pi a}\int_0^t Sen\frac{n\pi a}{L}(t-\mathfrak{z})F_n(\mathfrak{z})d\mathfrak{z}\right) Sen\frac{n\pi}{L}x$

La función V(x,t) representada por **P4.5** constituye la solución analítica del problema **P4.**

Para obtener solución analítica a **P5**

$$\boldsymbol{P5} \quad \begin{cases} \dfrac{\partial^2 B}{\partial t^2} = a^2\dfrac{\partial^2 B}{\partial x^2} \\ B(0,t) = B(L,t) = 0; \quad B(x,0) = f(x) \;\; ; \;\; \dfrac{\partial B}{\partial t}(x,0) = g(x) \end{cases}$$

Buscamos solución no trivial de **P5** que satisfacen las condiciones:

$B(0,t) = B(L,t) = 0$ Separando variables, es decir: $B(x,t) = X(x)T(t)$ y reemplazando en **P5** se tiene (Haberman 1998):

$$\frac{\ddot{X}(x)}{X(x)} = \frac{1}{a^2}\frac{\ddot{T}(t)}{T(t)}$$

El primer miembro de esta ecuación depende de x y el segundo depende de t. Por lo tanto, cada miembro es constante. Sea λ la constante y se obtienen las ecuaciones:

$$\begin{cases} \ddot{X}(x) - \lambda X(x) = 0 & (i) \\ \ddot{T}(t) - \lambda a^2 T(t) = 0 & (ii) \end{cases}$$

ISNN 2588-0764

Usando las condiciones de borde. X (0) = X (L) = 0 se obtienen soluciones no triviales.

$X_k(x) = \gamma_k(x) Sen\left(\frac{k\pi}{L}\right)x$; Para $\lambda = -\frac{k^2\pi^2}{L^2}$ y k positivo.

La ecuación: $T^{\circ\circ}(t) + \frac{k^2\pi^2a^2}{L^2}T(t) = 0$ tiene solución general

$T_K(t) = \alpha_k Cos\left(\frac{k\pi}{L}at\right) + \beta_k Sen(\frac{k\pi}{L}at)$ Para cada entero positivo k las solucions de (i) son de la forma.

$B_k(x,t) = \left\{A_k Cos\left(\frac{k\pi}{L}at\right) + \beta_k Sen(\frac{k\pi}{L}at)\right\} Sen\left(\frac{k\pi}{L}\right)x$ Con $A_k\ y\ \beta_k$ constantes reales. La solución de (i) se puede escribir de la forma $B(x,t) = \sum_{k=1}^{\infty} B_k(x,t)$ por las condiciones iniciales se tiene.

$$\sum_{k=1}^{\infty} B_k(x,0) = f(x) \quad y \quad \sum_{k=1}^{\infty} \frac{\partial \beta_K}{\partial t}(x,0) = g(x)$$

es decir:

$$\sum_{k=1}^{\infty} A_k Sen\left(\frac{k\pi}{L}\right)x = f(x) \quad y \quad \sum_{k=1}^{\infty} \frac{k\pi}{L} a\beta_k Cos\left(\frac{k\pi}{L}ax\right) = g(x)$$

Son las series de Fourier de f(x) y g(x) . con coeficientes de Fourier .

$$A_k = \frac{2}{L}\int_0^L f(x) Sen(\frac{k\pi x}{L})dx \quad y \quad \beta_K = \frac{2}{k\pi a}\int_0^L g(x) Cos(\frac{k\pi x}{L})dx$$

La solucion analitica al problema **P5** de la cuerda unidimensional con condiciones iniciales dadas (D'Alembert 1747)

$$B(x,t) = \sum_{k=1}^{\infty} B_k(x,t) = \sum_{k=1}^{\infty} \left\{A_k Cos\left(\frac{k\pi}{L}at\right) + \beta_k Sen\left(\frac{k\pi}{L}at\right)\right\} Sen\left(\frac{k\pi}{L}\right)x$$

$$=\sum_{k=1}^{\infty}\left\{\left[\frac{2}{L}\int_0^L f(x)Sen(\frac{k\pi x}{L})dx\right]Cos\left(\frac{k\pi}{L}at\right)+\right.$$
$$\left.+\ \left[\frac{2}{k\pi a}\int_0^L g(x)Cos(\frac{k\pi x}{L})dx\right]Sen\left(\frac{k\pi}{L}at\right)\right\}Sen\left(\frac{k\pi}{L}\right)x$$

Para buscar la solución analítica a **P3** se descompone en los problemas **P6** y **P7** es decir:

$P3 \rightarrow \begin{cases} P6 \\ P7 \end{cases}$

Buscamos la solución analítica a **P3**

P3 $\begin{cases} \frac{\partial^2 W}{\partial t^2}(x.t) = a^2\ \frac{\partial^2 W}{\partial x^2}(x.t) \qquad W(x.t) \in C^2_{[0,L]} \\ W(0,t) = 0\ ;\ W(L,t) = ASen\omega t; W(x,0) = 0\ ; \frac{\partial W}{\partial t}(x,0) = 0 \end{cases}$

Para obtener solución analítica a **P3** tenemos que descomponer:

P3.1 $W(x,t) = \vartheta(x,t) + \theta(x,t)$

Donde $\vartheta(x,t)$ satisface el problema:

P6 $\begin{cases} \frac{\partial^2 \vartheta}{\partial t^2}(x.t) = a^2\ \frac{\partial^2 \vartheta}{\partial x^2}(x.t) \qquad \vartheta(x.t) \in C^2_{[0,L]} \\ \vartheta(0,t) = 0\ \ ;\ \ \vartheta(L,t) = ASen\omega t \end{cases}$

Separando variables se tiene: $\vartheta(x,t) = X(x)T(t)$

$$\rightarrow \begin{cases} \ddot{X} - \gamma X = 0\ ; \quad X(0) = 0 & P6.1 \\ \ddot{T} - \gamma a^2 T = 0 & P6.2 \end{cases}$$

$$\vartheta(0,\mathrm{t}) = X(0)T(t) = 0 \rightarrow X(0) = 0$$

$$\vartheta(\mathrm{L},\mathrm{t}) = X(L)T(t) = ASen\omega t \rightarrow T(t) = \frac{ASen\omega t}{X(L)} \rightarrow \ddot{T} = \frac{-A\omega^2 Sen\omega t}{X(L)}$$

ISNN 2588-0764

Sustituyendo en **P6.2**

$-\frac{A}{X(L)}[\omega^2 + a^2\gamma]Sen(\omega t) = 0 \ \rightarrow \ \gamma = -\frac{\omega^2}{a^2}$ Al sustituir en P6.1 tenemos la ecuación. $\ddot{X} + \frac{\omega^2}{a^2}X = 0 \ \ ; X(0) = 0$ Con solución $X(x) = C_1 Sen\left(\frac{\omega}{a}x\right)$

$$como \ \mathrm{X(L)} = Sen\left(\frac{\omega}{a}L\right) \ reemplazando \ en \ T(t) se \ tiene:$$

$$T(t) = \frac{ASen(\omega t)}{C_1 Sen\left(\frac{\omega}{a}L\right)}$$

De esta forma se ha obtenido la función analítica solución a **P6**

$$\vartheta(L,t) = X(x)T(t) = \frac{ASen(\omega t)Sen(\frac{wx}{a})}{Sen\left(\frac{\omega}{a}L\right)}$$

Por **P3.1** se tiene:

$$W(x,t) = \theta(x,t) + \ \vartheta(x,t) \ = \ \theta(x,t) + \ \frac{ASen(\omega t)Sen(\frac{wx}{a})}{Sen\left(\frac{\omega}{a}L\right)}$$

Como $W(x,t)$ es solución de P3 se tiene:

$$W(x,t) = \theta(x,t) + \frac{ASen(\omega t)Sen(\frac{wx}{a})}{Sen\left(\frac{\omega}{a}L\right)}$$

$$\frac{\partial W}{\partial x} = \frac{A\frac{\omega}{a}Sen(\omega t)Cos(\frac{wx}{a})}{Sen\left(\frac{\omega}{a}L\right)} + \frac{\partial \theta}{\partial x}$$

$$\frac{\partial^2 W}{\partial x^2} = \frac{-A(\frac{\omega}{a})^2 Sen(\frac{wx}{a})Sen(\omega t)}{Sen\left(\frac{\omega}{a}L\right)} + \frac{\partial^2 \theta}{\partial x^2}$$

$$\frac{\partial W}{\partial t} = \frac{AwSen(\frac{wx}{a})Cos(\omega t)}{Sen\left(\frac{\omega}{a}L\right)} + \frac{\partial \theta}{\partial t}$$

$$\frac{\partial^2 W}{\partial t^2} = \frac{-A\omega^2 Sen(\frac{wx}{a})Sen(\omega t)}{Sen\left(\frac{\omega}{a}L\right)} + \frac{\partial^2 \theta}{\partial t^2}$$

Usando las condiciones iniciales y de borde para para W(x.t) se tiene:

$$W(x,0) = \theta(x,0) = 0 \ ; \ W(l,0) = \theta(l,0) = 0$$

$$\frac{\partial W(x,0)}{\partial t} = \frac{\partial \theta(x,0)}{\partial t} + \frac{\partial\left[\frac{ASen(\omega t)Sen\left(\frac{wx}{a}\right)}{Sen\left(\frac{\omega}{a}L\right)}\right]}{\partial t}(x,0) = 0$$

$$\frac{\partial\theta(x,0)}{\partial t}=\frac{-A\omega Sen\left(\frac{wx}{a}\right)}{sen\left(\frac{\omega}{a}L\right)}$$

De estas ecuaciones y **P3** se deduce que $\theta(x,t)$ satisface la ecuación de onda homogénea con condición de borde homogéneas y velocidad inicial no homogénea.

P7 $\begin{cases} \frac{\partial^2\theta}{\partial t^2}(x.t)=a^2\,\frac{\partial^2\theta}{\partial x^2}(x.t) \quad \theta(x.t)\in C^2_{[0,L]} \\ \theta(0,t)=\theta(L,t)=0\,;\theta(x,0)=0\,;\frac{\partial\theta}{\partial t}(x,0)=\,-\frac{A\omega Sen(\frac{wx}{a})}{Sen\left(\frac{\omega}{a}L\right)} \end{cases}$

Separando variables se tiene la solución analítica de **P7**:

$$\theta(x,t)=\sum_{n=1}^{\infty}B_n\,Sen\left(\frac{n\pi a}{L}t\right)Sen(\frac{n\pi}{L}x)$$

$$B_n=-\frac{2A\omega}{n\pi aSen\left(\frac{\omega L}{a}\right)}\int_0^L Sen(\frac{\omega}{a}x)Sen(\frac{n\pi}{L}\,x)dx$$

$$\theta(x,t)=\sum_{n=1}^{\infty}\left[-\frac{2A\omega}{n\pi aSen\left(\frac{\omega L}{a}\right)}\int_0^L Sen(\frac{\omega}{a}x)Sen(\frac{n\pi}{L}\,x)dx\right]Sen\left(\frac{n\pi a}{L}t\right)Sen(\frac{n\pi}{L}x)$$

De esta manera hemos obtenido la solución analítica al problema del látigo:

$$\boldsymbol{U(x,t)}=\sum_{n=1}^{\infty}\left(\frac{L}{n\pi a}\int_0^t Sen\frac{n\pi a}{L}(t-\xi)F_n(\xi)d\xi\right)Sen\frac{n\pi}{L}x+$$

$$\sum_{k=1}^{\infty}\left\{\left[\frac{2}{L}\int_0^L f(x)Sen(\frac{k\pi x}{L})dx\right]Cos\left(\frac{k\pi}{L}at\right)+\right.$$

$$\left.\left[\frac{2}{k\pi a}\int_0^L g(x)Cos(\frac{k\pi x}{L})dx\right]Sen\left(\frac{k\pi}{L}at\right)\right\}Sen\left(\frac{k\pi}{L}\right)x+\frac{ASen(\omega t)Sen(\frac{wx}{a})}{Sen\left(\frac{\omega}{a}L\right)}+$$

$$\sum_{n=1}^{\infty}\left[-\frac{2A\omega}{n\pi aSen\left(\frac{\omega L}{a}\right)}\int_0^L Sen(\frac{\omega}{a}x)Sen(\frac{n\pi}{L}\,x)dx\right]Sen\left(\frac{n\pi a}{L}t\right)Sen(\frac{n\pi}{L}x)$$

Teorema.

Dadas f,g : $[0,L]$ → R tales que f,g $\epsilon C^2[0,L]$ y

$$f(0)=\,f^{\circ\circ}(0)=f(L)=f^{\circ\circ}(L)=0=g(0)=\,g^{\circ\circ}(0)$$

Para $k\geq 1$

ISNN 2588-0764

$$A_k = \frac{2}{L}\int_0^L f(x)Sen(\frac{k\pi x}{L})dx \quad y \quad B_k = \frac{2}{k\pi a}\int_0^L g(x)Cos(\frac{k\pi x}{L})dx$$

Entonces la serie:

$$U(x,t) = \sum_{k=1}^{\infty} U_k(x,t) = \sum_{k=1}^{\infty} \left\{A_k Cos\left(\frac{k\pi}{L}at\right) + B_k Sen\left(\frac{k\pi}{L}at\right)\right\} Sen\left(\frac{k\pi}{L}\right)x$$

Converge uniformemente y absolutamente a la solucion del problema:

$$\begin{cases} \frac{\partial^2 U}{\partial t^2}(x.t) = a^2\,\frac{\partial^2 U}{\partial X^2}(x.t) \qquad U(x.t) \in C^2_{[0,L]} \\ U(0,t) = U(L,t) = 0\,; U(x,0) = f(x); U_t(x.0) = g(x)\ ;\ t \geq 0 \end{cases}$$

Ecuación de onda homogénea con condiciones iniciales no homogénea (Dyn McKeon, 1972). Este Teorema de la convergencia uniforme y absoluta justifica los cálculos realizados en este trabajo.

3. CONCLUSIÓN

Debido a la dificultad de las ecuaciones diferenciales en derivadas parciales para obtener solución analítica y al análisis numérico, los métodos de solución exacta se dificultan. En este artículo se presenta un método para obtener solución analítica al problema del látigo descomponiéndolo en 6 problemas de menor dificultad según el siguiente diagrama:

$$P1 \rightarrow \begin{cases} P2 \rightarrow \begin{cases} P4 \\ P5 \end{cases} \\ P3 \rightarrow \begin{cases} P6 \\ P7 \end{cases} \end{cases}$$

4. REFERENCIAS

Bernoulli Daniel. (1753). Réflexions et èclarcissements sur les nouvelles vibrations des cordes exposées dans les mèmoires de l´Académie (Hist. de l'Acad. de Berlin) 9,147-195.

D'Alembert Jean Le Rond. (1747). Cordes vibrantes. (Hist. de l'Acad. de Berlin) 3,214,219.

Dym McKean. (1972). Fourier Series and Integrals. Academic Press New York.

Euler Leonhar. (1748). nouvelles vibrations des cordes. (Mora Acta Erud) 512-527

Fourier Joseph Jean Baptiste. (1822). Théorie Analytique de la Chaleur (Firmin Didot, Père et Fìls, Paris).

Haberman R. (1998). Elementary Applied Partial Differential Equations, Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ.

Tyler McMillan Alain Goriely. (2003). Whip waves. Physica D 184, 192–225.

Revista Bases de la Ciencia - ISSN 2588-0764

Publicación Cuatrimestral. Vol. 2, Año 2017, Nº 1 (59-64).

REFLEXÕES SOBRE O ENSINO DA FÍSICA MODERNA NO ENSINO MÉDIO

MSc. Romualdo S. Silva Jr.

Departamento de Física, Universidade Federal de Sergipe – DFI/UFS, São Cristóvão – SE, Brasil.
*Autor para la correspondencia. Email: romu.fisica@gmail.com.

Recibido: 23-9-2016 / Aceptado: 15-3-2017

RESUMO

Esta nota tem como objetivo enfatizar algumas reflexões sobre o ensino da Física Moderna no Ensino Médio, com o intuito de mostrar aos alunos e professores possíveis caminhos a serem seguidos, para que a sua aprendizagem da Física Moderna seja potencialmente significativa.

Palavras-chave: Reflexões, física moderna, ensino médio.

REFLECTIONS ON THE EDUCATION OF MODERN PHYSICS IN MIDDLE SCHOOL

ABSTRACT

This note aims to emphasize some reflections on the teaching of Modern Physics in High School, with the intention of showing students and teachers possible paths to be followed, so that their learning of Modern Physics is potentially significant.

Key words: Reflections, modern physics, high school.

1. INTRODUÇÃO

Com o avanço científico e tecnológico nos últimos anos, a Física Moderna despertou uma imensa curiosidade na população, em especial aos jovens. Este fato está relacionado com a melhoria na qualidade de vida sentida pelos mesmos, advindas pelo uso de objetos eletrônicos, estando estes diretamente fundamentados na Física Moderna.

Entretanto, o ensino de Física Moderna no ensino Médio não tem acompanhado satisfatoriamente esse desenvolvimento. Segundo Leonel e Souza (2009) esse fato é inaceitável, pois prejudica a alfabetização científica e tecnológica rompendo a conexão entre a Física e o cotidiano do aluno.

Alguns autores tais como Cavalcante (2004) e Pietrocola (2011) se esforçaram e de certa forma inseriram coleções de conteúdos de Física moderna no ensino médio. Porém o ensino e utilização destes materiais divergem dos outros materiais, sendo assim abordado de maneira insatisfatória. Com relação a isso, consta nos Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio (PCNEM) o seguinte registro:

> É preciso rediscutir qual Física ensinar para possibilitar uma melhor compreensão do mundo e uma formação para a cidadania mais adequada. Sabemos todos que, para tanto, não existem soluções simples ou únicas, nem receitas prontas que garantam o sucesso. Essa é a questão a ser enfrentada pelos educadores de cada escola, de cada realidade social, procurando corresponder aos desejos e esperanças de todos os participantes do processo educativo, reunidos através de uma proposta pedagógica clara. É sempre possível, no entanto, sinalizar aqueles aspectos que conduzem o desenvolvimento do ensino na direção desejada (BRASIL, 2000).

Nesse sentido, é importantíssimo se preocupar com esta temática, o que nos leva a raciocinar e inovar diante da dificuldade em se inserir a Física moderna no ensino médio de forma simples e significativa. Em física, é natural pensarmos que devido à complexidade de determinados temas, temos que rompê-los gradativamente quando ensinados para níveis “inferiores”, e que os degraus “superiores” irão aprofundar os problemas e soluções dos mesmos. De certa forma esta ideia está correta, porém até certo ponto de vista. É conveniente que estes temas sejam dados, não de maneira “superior” com grande aprofundamento, mas sim de maneira mais simples e interessante, o que é possível ser feito, tendo uma boa metodologia e esforço por parte dos professores.

> Alguns aspectos da chamada física moderna serão indispensáveis para permitir aos jovens adquirir uma compreensão mais abrangente sobre como se constitui a matéria, de forma que tenham contato com diferentes e novos materiais, cristais líquidos e lasers presentes nos utensílios tecnológicos, ou com o desenvolvimento da eletrônica, dos circuitos integrados e dos microprocessadores. A compreensão dos modelos para a constituição da matéria deve, ainda, incluir as interações no núcleo dos átomos e os modelos que a ciência hoje propõe para um mundo povoado de partículas. Mas será também indispensável ir mais além, aprendendo a identificar, lidar e

ISNN 2588-0764

> reconhecer as radiações e seus diferentes usos. Ou seja, o estudo de matéria e radiação indica um tema capaz de organizar as competências relacionadas à compreensão do mundo material microscópico (BRASIL, 2002).

No entanto, chegamos a uma situação que pensamos como ensinar física moderna no ensino médio com um enfoque direcionado para a aprendizagem significativa? (Silva Jr, 2014). Esta é uma tarefa nada fácil, porém não impossível. Vejo que pensar em uma situação relacionada com a experimentação pode ser sem dúvida uma grande iniciativa para tanto, pois sempre é muito fácil tomar a atenção dos alunos quando se utiliza experimentos simples e contagiantes.

É notável que alunos do ensino médio, ainda mais os atuais, que são totalmente ligados às tecnologias irão aprender melhor se, em conexão com a parte teórica da física, que é essencial, se busque relação com experimentos educacionais, e que sejam estimuláveis para com os alunos para sua aprendizagem significativa (Silva Jr, 2015). Quando falamos em Física Moderna é impossível não nos lembrarmos de Albert Einstein, Mecânica Quântica, Schrödinger, Física de partículas entre outros. Mas e como falar ou mostrar experimentos sobre esses assuntos no ensino médio?

É possível ensinar através de experimentos simples e de baixo custo (Séré, 2004), com o intuito de uma interessante proposta metodológica para o ensino de Física Moderna, como por exemplo: 1- espectro de emissão, onde se pode utilizar um CD velho, um laser simples e uma lupa, onde será possível observar onda de radiação como também anéis de interferência. 2- experimento para determinar a constante de Planck, onde se pode utilizar um Led, um potenciômetro e o multímetro, requer um pouco mais de atenção, podendo ser observada a banda de emissão do Led, determinando a constante de Planck. 3- experimento do efeito fotoelétrico utilizando um dispositivo LDR (resistor dependente da luz), onde o mesmo depende da luz para variar a energia elétrica que o atravessa, sendo possível observar o efeito fotoelétrico.

Além de experimentos didáticos, uma alternativa que está sendo muito visada nos últimos anos são os recursos computacionais da internet, que muitas vezes são ótimas possibilidades de ensino aprendizagem, como por exemplo, simulações computacionais, animações ou até jogos didáticos envolvendo muitas partículas, interações dos átomos, mostrando os constituintes do átomo, entre outros.

As animações são capazes de refinar um conceito dando liberdade à necessidade visual que temos, de relacionar o que vemos com o que escutamos e tentamos entender

(Schimiguel, 2003). Uma animação fornece liberdade à imaginação, a torna mais real, tangível, sendo capaz de dar uma forma ao pensamento, sendo favorável ao ensino aprendizagem. Uma simulação é capaz de traduzir o que é “impossível” de ser feito por palavras, e quando se fala em Física Moderna, que trata de assuntos um tanto diferenciado ou difícil para muitos, as simulações podem reproduzir o que não se pode ser feito em laboratório. Assim, o aluno do ensino médio mesmo sendo incapaz de fazer ou compreender às dificuldades matemáticas envolvidas em um determinado experimento ou fenômeno, pode usar a simulação computacional e entender de forma significativa a Física apresentada para o mesmo.

Tendo em vista a dificuldade em se ensinar Física Moderna para alunos do ensino médio, é esperado que o ambiente experimental com equipamentos simples, como também ambientes de simulações computacionais, apresentando animações e jogos divertidos, seja uma forma de criação da imaginação e raciocínio próprio dos mesmos, advinda das necessidades de compreensão do ensino de Física Moderna. Esta proposta pode ser sem dúvida o caminho mais curto para os alunos conseguirem alcançar sua aprendizagem significativa, sendo fundamental não somente para o ambiente escolar, mas também para a sua vida na sociedade como um todo. É importante ressaltar ainda que este tipo de metodologia seja seguido à risca, e com o intuito de uma aprendizagem potencialmente significativa, no contrário este se tornará apenas uma simples diversão para com os alunos.

2. REFERÊNCIAS

BRASIL, Ministério da Educação. (2000). Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio. Brasília: MEC/SEB.

BRASIL, Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio (PCN+): Ciências da Natureza e suas Tecnologias (MEC, Brasília, 2002).

CAVALCANTE M.A., TAVOLARO C.R.C. (2004). Uma oficina de Física Moderna que vise a sua inserção no ensino médio. Caderno Catarinense de Ensino de Física, Florianópolis, 21, 372-389.

LEONEL A.A.; SOUZA C.A. (2009). Nanociência e Nanotecnologia para o ensino de Física Moderna e Contemporânea na perspectiva da Alfabetização Científica e Técnica. IN: VII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação e Ciências. Florianópolis.

PIETROCOLA M., POGIBIN A., ANDRADE R., ROMERO T. R. (2011). Física em contextos: pessoal, social e histórico: eletricidade e magnetismo, ondas eletromagnéticas, radiação e matéria. 1° ed. São Paulo, FTD. 3.

SÉRÉ M.G.; COELHO S.M.; NUNES A.D. (2004). O papel da experimentação no ensino da física. Caderno Brasileiro de Ensino de Física 21, 31-43.

SILVA Jr. R.S. (2015). Modern Physics for High School Students. Global Journal of Science Frontier Research 15, 1-2.

SILVA Jr R.S. (2014). Um olhar direcionado para a aprendizagem significativa do aluno. Caderno de Física da UEFS 12 (02): 07-10.

SCHIMIGUEL J., SANCHES W. E., ANDREASI M. R., SIQUEIRA P. H. (2003). A aplicação de animações no ensino de física. RENOTE 11, 1.

Revista Bases de la Ciencia - ISSN 2588-0764

Publicación Cuatrimestral. Vol. 2, Año 2017, Nº 1 (45-58).

Artículo de Investigación

Ciencias Afines

IDEAS PARA UNA INVESTIGACIÓN DE PERCEPCIÓN SOCIAL DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA EN BOGOTÁ-COLOMBIA

Ing. Luz Elena Valdiri Lugo[1]; Lic. Angie Arenas Piedrahita[2]; Mgtr. Laura Cecilia Bono[3]; Dr. Horacio Ademar Ferreyra[4]*

[1] Ingeniera Química, Universidad de América, Especialista en Estadística Aplicada, Fundación Universitaria Los Libertadores; Especialista en Pedagogía y Docencia Universitaria, Universidad La Gran Colombia, Magister en Educación, Universidad Militar Nueva Granada. Docente de la Facultad de ingeniería, Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá (Colombia). Contacto: luz.valdiri@unimilitar.edu.co. [2] Estudiante de Maestría en Asuntos Internacionales de la Universidad Externado de Colombia. Profesional en Relaciones Internacionales y Estudios Políticos Universidad Militar Nueva Granada. Asistente de Investigación. Universidad Militar Nueva Granada. Contacto: arenaspiedrahita@gmail.com angie.arenas@est.uexternado.edu.co. [3] Magíster en Administración Educacional, Mención Sistema Educativo. Diplomatura en Ciencias Naturales –FLACSO-. Profesora e integrante del Equipo de Investigación de Educación de Adolescentes y Jóvenes de la Facultad de Educación UCC (Unidad Asociada CONICET). Docente Titular de la Universidad Nacional de Chilecito (Argentina)/Fundación Hombre Libre. Referente Ciencias Naturales, área de Desarrollo Curricular, Subsecretaría de Promoción de Igualdad y Calidad Educativa del Ministerio de Educación de la Provincia de Córdoba. E-mail: bonolaura@hotmail.com. [4] Doctor y Lic. en Ciencias de la Educación (UCC-Arg.). Magister en Educación para la Formación Profesional ITEC-México. Posdoctorado en Ciencias Sociales (CEA-UNC-Arg. y UAMx- Méx.). Docente e investigador en la Universidad Católica de Córdoba y la Universidad Nacional de Villa María –Arg.-. Profesor Invitado en Universidades de Colombia, Chile y México. Director del Equipo de Investigación de Educación de Adolescentes y Jóvenes - Facultad de Educación UCC (Unidad Asociada CONICET). Actualmente se desempeña como Subsecretario de Promoción de Igualdad y Calidad Educativa del Ministerio de Educación de Córdoba, Argentina. Email: hferreyra@coopmorteros.com.ar / www.horacioaferreyra.com.ar
*Autor para la correspondencia. Email: hferreyra@coopmorteros.com.ar

Recibido: 1-2-2017 / Aceptado: 10-4-2017

RESUMEN

Este trabajo es parte de una investigación sobre la percepción pública de la ciencia y la tecnología que se está llevando a cabo en Bogotá-Colombia (Universidad Militar Nueva Granada) y que toma como referente un estudio sobre el tema realizado en Córdoba-Argentina. Es producto de una recopilación bibliográfica y constituirá parte del marco teórico. Pretende ser una aproximación al estado de situación de algunas de las investigaciones similares que se vienen realizando, particularmente en países de Latinoamérica. El interés por conocer la percepción social que un grupo determinado de personas tiene de las ciencias y la tecnología adquiere cada vez más relevancia y se ha posicionado en un lugar significativo en los estudios e investigaciones internacionales que se vienen desarrollando. La identificación y análisis de las representaciones sociales que poseen los ciudadanos contribuye al conocimiento de las creencias, los valores y las actitudes que los sujetos tienen respecto de un tema en particular y cómo inciden en sus relaciones sociales y en la toma de decisiones en la vida cotidiana.

Palabras clave: Ciencia, Tecnología, Percepción, Ciudadanía

IDEAS FOR A RESEARCH ON SOCIAL PERCEPTION OF SCIENCE AND TECHNOLOGY IN BOGOTÁ – COLOMBIA

ABSTRACT

This work is part of a research on public perception of science and technology that is being carried out in Bogota-Colombia (Universidad Militar Nueva Granada) and which takes as reference a study on said topic made in Cordoba-Argentina. It is the product of a bibliographical compilation and will form part of the theoretical framework. It intends to be an approximation to the state of affairs of other research studies that have been carried out, particularly in Latin American countries. The interest to know about the social perception that a certain group of people has of the sciences and technology has become increasingly relevant and significant in the international research work that is being done. Identifying and analyzing citizens' social representations contributes to understanding people's beliefs, values and attitudes about a particular issue and how they affect their social relations and decision-making in everyday life.

Key words: Science; Technology, Perception; Citizenship.

1. INTRODUCCIÓN

La revolución industrial del Siglo XIX instaló condiciones necesarias para que la ciencia y el desarrollo tecnológico empezaran a repercutir en forma evidente en el ámbito social. Se comenzó a reconocer la relevancia que tenían estas áreas de conocimiento en términos de crecimiento y desarrollo económico, así como su impacto en la vida cotidiana individual y social. En este escenario y frente al avance exponencial que siguen teniendo, la identificación y análisis de sus interrelaciones, así como de sus vínculos con las ideas que construyen los ciudadanos sobre estos aspectos se ha convertido en una necesidad prioritaria durante las últimas décadas, en el nivel internacional y, en particular, en Hispanoamérica.

Es importante reconocer que el impacto que producen «la economía, la política, la comunidad (en términos de sociedad civil), los dominios institucionales especializados (salud, educación, legislación, bienestar y seguridad social, etc.), la cultura y los valores de la población» (Ferreyra y col., 2012) son determinantes de ciertas conductas individuales y sociales. A ello hay que sumar el reiterado reclamo de acciones para atraer vocaciones a esos campos de conocimientos, así como evitar los fracasos reiterados de los estudiantes.

“La gobernanza de la ciencia y la tecnología ofrece la oportunidad de intercambiar puntos de vistas entre diferentes agentes sociales para orientar acciones encaminadas a distribuir de una forma más democrática las responsabilidades, los riesgos y los beneficios de los productos y servicios científicos y tecnológicos. La importancia de este tema no sólo se ve reflejada en la literatura especializada, en la que se debate y analiza sus potenciales aportaciones, sino también en su incorporación en estudios de percepción pública de la ciencia» (Éstevez& Escobar 2010).

Tal como lo afirman muchos autores (Robertson 1992, Pérez-Agote Poveda, 1999, García Blanco, 1999, Rúa Ceballos, 2006, Utria, 2007, Orozco Labrador y Orozco Moret, 2008), el desarrollo científico y tecnológico en los escenarios actuales asume cada vez más protagonismo en las dinámicas de este mundo económica, política y culturalmente globalizado, y se convierte en un factor clave que incrementa el cambio social, promueve procesos integrales de tecnología e impulsa el desarrollo sostenible y sustentable de los pueblos.

El objetivo general de la investigación que se realizará en Bogotá, es analizar y medir el grado de cultura científico-tecnológica de los ciudadanos para proponer un modelo que fomente la participación ciudadana.

2. METODOLOGÍA

2.1. Las investigaciones

La ciencia y la tecnología se han constituido en componentes centrales del momento histórico de cada uno y de cada grupo humano. En este contexto se ha instalado la necesidad de definir indicadores que permitan evaluar la evolución de la cultura científica y tecnológica, la participación ciudadana y la percepción pública de la ciencia y la tecnología.

Es ineludible a su vez, tener presente que los avances científicos y tecnológicos afectan de manera directa y/o indirecta a los miembros de la sociedad y reflejan ciertas particularidades de las regiones, lo que permite la comparación internacional y el aporte de nuevos elementos para la creación y seguimiento de políticas públicas así como la conformación de redes de investigación y cooperación en distintos temas vinculados a lo planteado.

Polino (2003) afirma que la percepción ciudadana con respecto a la ciencia y la tecnología se encuentra ligada a los procesos de comunicación e interacción social, lo que impacta en las actitudes, conocimientos y expectativas de la población, en la medida en que la cultura científica y tecnológica es entendida como un conjunto de significados, expectativas y comportamientos compartidos por determinados grupos.

Las investigaciones realizadas o en desarrollo sobre lo que sucede al respecto, se centran en tres líneas de análisis. La primera se refiere a trabajos que se ocupan de determinar la concepción que los ciudadanos de un determinado lugar tienen acerca de los requerimientos indispensables para que un país sea percibido como científica y

tecnológicamente avanzado. La segunda línea permite la comparación con estudios realizados entre países, e incluso en uno mismo; y la tercera compara la valoración pública que se posee sobre el desarrollo científico y tecnológico con los indicadores reales de ciencia y tecnología (FECYT, s.f.).

Para la Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (FECYT), los estudios de percepción social de la ciencia y la tecnología tienen como objetivo fundamental responder a determinados interrogantes y analizar sus respuestas con el fin de orientar la cultura y el desarrollo científico-tecnológico de una sociedad. Entre estos se encuentran el tipo de acciones puestas en marcha por los estados para promocionar la conciencia pública de la ciencia y la tecnología; el grado de aceptación social de determinados desarrollos científicos y tecnológicos y el tipo de público al que son dirigidos; los agentes involucrados en las actividades de divulgación científica y en la toma de decisiones acerca de las implicaciones sociales de la ciencia y la tecnología; los valores atribuidos a quienes ejercen la actividad científica; y, de manera muy importante, las posibilidades de aumentar el conocimiento mutuo entre los distintos agentes sociales. Esto según Felt (2003) permite determinar cómo proceder desde diferentes áreas científicas para una correcta divulgación, así como facilitar la conexión entre los responsables de hacer la política pública, los académicos y los comunicadores.

Según Ferreyra y Bono (2014), la ciencia en general debe ser considerada como el fruto del intelecto humano que es, a su vez, producto de una construcción histórico-social de carácter provisorio, con base en acuerdos alcanzados en una comunidad científica que conlleva procesos propios relacionados con la investigación. Por su parte, la tecnología es asumida como un concepto amplio que contempla un conjunto de técnicas, conocimientos y procesos que sirven para el diseño y construcción de objetos orientados a satisfacer necesidades humanas. Finalmente, la cultura está constituida por prácticas que generan conocimiento a la vez que transforman la sociedad. De allí que la cultura científico-tecnológica se nutra necesariamente de la percepción de la ciudadanía, puesto que en el contexto de la investigación, esta como sostienen Polino y col., 2003, remite al proceso de comunicación social y al impacto de este sobre la formación de conocimientos, actitudes y expectativas de los miembros de la sociedad, teniendo en cuenta la estrecha relación entre la triada ciencia, tecnología y percepción ciudadana.

De acuerdo con lo expresado por la oficina regional de la UNESCO para América Latina y el Caribe (2005), la educación científica y tecnológica se ha convertido en un factor esencial del desarrollo de las personas y los pueblos, debido a que todos los individuos necesitan

ser capaces de implicarse en discusiones públicas acerca de asuntos importantes relacionados con la ciencia y la tecnología. En este sentido, podría entenderse la participación ciudadana como el conjunto diversificado de actividades o situaciones más o menos espontáneas u organizadas y estructuradas, a través de las cuales los no expertos se involucran y hacen sus propios aportes al establecimiento de agendas, la toma de decisiones, la política de formación, los procesos de producción de conocimiento en ciencia y tecnología y la evaluación de sus impactos (Lozano 2011).

La participación en la toma de decisiones fundamentadas, que precisa de los ciudadanos, la vinculación de un mínimo de conocimientos específicos, perfectamente accesibles, con planteamientos globales y consideraciones éticas que no exigen especialización alguna, corresponde a una postura que difiere de la creencia de que el conocimiento científico, susceptible de orientar la toma de decisiones, exige una profundización que sólo es accesible a especialistas. Esta afirmación proviene del hecho de que la posesión de profundos conocimientos específicos, como los que tienen los especialistas en un campo determinado no garantiza la adopción de decisiones adecuadas, sino que se necesitan enfoques que contemplen a los problemas en una perspectiva más amplia, analizando las posibles repercusiones a mediano y largo plazo, tanto en el campo considerado como en otros (UNESCO 2005).

2.2. Enfoques Educativos de la Región

Aunque en los países desarrollados la percepción pública de la ciencia y la tecnología está dirigida a que la sociedad controle de manera creciente el desarrollo de la primera, en América Latina y el Caribe el escenario es distinto, pues la actividad científica y tecnológica recién está en un inicio de institucionalización social así como de lograr su reconocimiento como un recurso o herramienta de crecimiento. Es por ello, que para los países de la región todavía es prematuro pensar una participación directa de los ciudadanos en decisiones de riesgos, incertidumbres o definiciones de pertinencia y utilidad de la ciencia y /o tecnología, aunque esta limitación es al mismo tiempo un estímulo y no necesariamente una traba.

No obstante, en el seno de la academia pueden identificarse, en estos últimos tiempos, iniciativas como la implementación de un enfoque educativo por capacidades y/o competencias, cuyo objetivo es apuntar a que la aprehensión de la ciencia y la tecnología no se centre solamente en el aprendizaje de nociones, es decir, en «la simple memorización sin sentido de los conceptos, teorías y leyes más ortodoxas de las ciencias» (Valladares 2011), sino también, y sobre todo, en el aprendizaje de los modos de actuar en sociedad

(Macedo y Katzkowicz, 2005), desde el cual se contemplan cuatro aspectos fundamentales como el saber, el saber hacer, el saber valorar y el saber convivir juntos.

En el transcurso del siglo XXI, ya varios países de América Latina están poniendo énfasis en sensibilizar a la población e instalar a la ciencia y la tecnología como motor de progreso, debido a que se considera que contribuyen a la solución de ciertas necesidades sociales, particularmente de los grupos más rezagados, y permite pensar a los individuos como ciudadanos de conocimiento, en la medida en que se empoderan de la cultura científica y tecnológica (UNESCO 2016).

De acuerdo con el Institute for the Future (IFTF) de la Universidad de Phoenix Research Institute (2011) y el World Economic Forum (2016), las competencias con que deben contar las personas para estar incluidos en las comunidades actuales se han ido modificando con el propósito de responder, de manera adecuada, a los retos que supone una sociedad donde naturalmente es manifiesto el impacto de la cultura científica y tecnológica, pues cada vez más los ciudadanos del mundo se encuentran interconectados y deseosos de participar en las decisiones públicas que los afecten. Estos enfoques que ponen énfasis en lo educativo están traccionando actualmente los estudios actuales en la región.

2.3. Desarrollo

A partir de un rastreo bibliográfico puede reconocerse que, si bien a nivel internacional los estudios de percepción social de la ciencia se iniciaron ya hace varias décadas, en América Latina y el Caribe, recién comenzaron a formalizarse aproximadamente hace 20 años atrás (Brasil, 1987; Colombia, 1994; y México, 1997), como casos aislados en su mayoría. Sin embargo, en los albores del siglo XXI se registran investigaciones en países como Panamá (2001 y 2006), México (2001, 2003, 2005 y 2007), Argentina (2004 y 2006), Colombia (2004), Venezuela (2004- 2006), Brasil (2006), Ecuador (2006), Chile (2007), Uruguay (2007), Cuba (2007), República Dominicana (2007), Guatemala, Honduras y Panamá (2007) y Costa Rica (2008); todas ellas tendientes a buscar indicadores que permitan comparar la opinión de la ciudadanía entre países o regiones determinadas, a fin de hallar denominadores comunes en la diversidad cultural regional. De allí que se haya hecho habitual la aplicación de encuestas de percepción social de la ciencia, pues a través de ellas se logran identificar cambios de la cultura tecnocientífica de la sociedad, así como los impactos que generan las políticas públicas que se van implementando al respecto (Ferreyra y col., 2012).

ISNN 2588-0764

En lo concerniente a la región iberoamericana uno de los estudios más significativos que se han llevado a cabo en relación con la generación de indicadores que permitan evaluar la evolución de las tres dimensiones relevantes de análisis (percepción pública, cultura científica y participación ciudadana), es el desarrollado por la Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura (OEI) y la Red Iberoamericana de Indicadores de Ciencia y Tecnología (RICYT) del Programa CYTED, a mediados de 2001, y cuyos resultados fueron publicados en el año 2005, en la Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología, Sociedad e Innovación.

Esta investigación apuntó a contribuir al desarrollo conceptual en la materia, sentando las bases para el diseño de indicadores que no solo reflejen las particularidades de la región, sino que permitan la comparación internacional y, a su vez, aporte elementos para la definición de políticas públicas. Por otra parte, se pretendió la conformación de redes de investigación e instituciones iberoamericanas para la cooperación en esta temática. El trabajo realizado se basó en una metodología cualitativa de investigación que contempló la aplicación de encuestas de percepción pública de la ciencia en el año 2002 en Argentina y, posteriormente, a principios de 2003, en Brasil, España y Uruguay. Algunos de sus resultados según los cinco núcleos de indagación contemplados (estudio sobre desarrollo institucional de la cultura científica; sobre relevamiento de experiencias de participación ciudadana en temas de ciencia y tecnología; sobre percepción y consumo de fuentes de información científica; sobre percepción del riesgo asociado a la ciencia y la tecnología; y sobre imaginario social de la ciencia y la tecnología) son:

En relación con la representación social de la ciencia, la imagen que prevalece entre los entrevistados un 35,3% en promedio la perciben como una “epopeya de grandes descubrimientos”, el 46,4% en promedio como condición de “avance tecnológico”, y el 45,4% en promedio “como fuente bienhechora para vida del ser humano” (OEI & RICYT, 2003). En cuanto a la utilidad de la ciencia en la vida cotidiana de los ciudadanos, el 72% en promedio de los entrevistados de los cuatro países involucrados en el estudio, concuerdan en señalar que el desarrollo de la ciencia y la tecnología es la principal razón por la cual se evidencian mejoras en la calidad de vida de las personas, aunque al mismo tiempo rechazan la idea de que puedan dar solución a todos los problemas.

2.4. Hacia el diseño de la investigación en Colombia

Teniendo en cuenta los antecedentes planteados, se definió como objetivo principal de la investigación a realizar en Bogotá, analizar y medir el grado de cultura científico-tecnológica de los ciudadanos para proponer un modelo que fomente la participación ciudadana. Se

tomó como referente el estudio sobre cultura tecno-científica, percepción pública y participación ciudadana desarrollado en la provincia de Córdoba, Argentina en el año 2012. El método utilizado en dicha investigación será implementado para el estudio en Bogotá y sus resultados serán presentados en una próxima publicación.

El trabajo ya realizado en Córdoba, Argentina, incluyó una encuesta, que tuvo como base el referente teórico metodológico desarrollado por la OEI y la Tercera Encuesta Nacional de la Percepción Social de la Ciencia y la Tecnología (2007), así como los indicadores de la Ciencia y la Tecnología ya definidos en ese marco. El instrumento utilizado se construyó con preguntas abiertas y cerradas, consistente en un cuestionario dividido en dos partes:

- La primera, conformada por treinta y tres preguntas organizadas en diferentes secciones (interés por temas de ciencia y tecnología e información sobre ellos; valoración y actitudes hacia las ciencias y la tecnología; apropiación social de la ciencia y la tecnología y papel que los conocimientos de estos ámbitos tienen en la vida cotidiana; algunas relaciones: idea de ciencia y tecnología-ciencia, tecnología y visión de país, comunicación y divulgación de la ciencia y la tecnología-educación y ciencia y tecnología-instituciones vinculadas a la ciencia y la tecnología).
- La segunda parte, destinada a recabar los datos de los encuestados: edad, sexo, estado civil, situación ocupacional y educación, ingresos, acceso a TV por cable y a Internet.

A fin de conocer las actitudes y/o percepciones de los sujetos consultados, se les solicitó, en dicha investigación, que señalaran los encuestados dentro de una serie de ítems cuáles valoraban, aceptaban o preferían, de manera que los resultados obtenidos evidenciaran una tendencia ya sea favorable, neutra o negativa hacia lo que se estaba cuestionando.

En relación con los indicadores, estos se definieron sobre la base de tres grandes ejes: interés, para captar la importancia relativa que la sociedad confiere a la ciencia y la tecnología; conocimiento, para examinar el nivel de comprensión de conceptos científicos y tecnológicos; y actitudes, para comprender la disposición de las personas frente a la inversión pública en investigación y la confianza en la comunidad científica, así como la percepción sobre los riesgos y beneficios de los impactos tecno-científicos. La aplicación de las 402 encuestas mediante encuestadores y 348 de forma autoadministrada en Córdoba, se desarrolló entre octubre de 2011 y febrero de 2012.

El universo de estudio se definió como los habitantes de la provincia de 15 años. Ante la dificultad de acceder a la totalidad de este universo, se seleccionó una muestra en la que

ISNN 2588-0764

estuvieron intencionalmente presentes representantes de los distintos ámbitos sociales y de la totalidad de los departamentos poblacionales que conforman la provincia. En consecuencia, el tamaño de la muestra 750 individuos se determinó a fin de que fuese representativa de la población involucrada en el estudio, con un nivel de confianza del 97%, con el 4% de error (Ferreyra y col., 2012).

Haciendo un análisis local referente a la cultura científico-tecnológica en Colombia, los indicadores evidencian una disponibilidad de capacidades para la Ciencia, Tecnología e Innovación (CTI) en el sector Tecnologías de la Información (TI) en relación con la oferta de programas y estudiantes en formación, «así como la capacidad de investigación, medida por el número de investigadores y grupos de investigación que trabajan en temas relacionados con TI; igualmente, existe un número considerable de empresas del sector que desarrollan actividades con el propósito de innovar» (MinTIC), aunque no se evidencia un crecimiento sostenido en los últimos años.

Empero, en relación con la producción científica, técnica e innovadora, las capacidades son menores, pues no se observa un número elevado de publicaciones científicas, patentes o innovaciones registradas. De allí que los indicadores revelen deficiencias en el sistema educativo, así como en el diseño de políticas públicas, instrumentos e incentivos a la innovación, situación que se traduce en una baja participación ciudadana en temas relacionados con la ciencia y la tecnología, teniendo en cuenta, además, el bajo nivel de información, interés, valoración y comprensión de la ciencia.

Según Martín-Barbero (2005), en Colombia, el debate sobre el sentido que tienen para el país los procesos ligados a la “sociedad de la información o del conocimiento” es aún muy escaso, tanto en el ámbito académico como en el de los medios de comunicación; ausencia que es «fuertemente sintomática del casi nulo interés público por hacerse cargo de las transformaciones que atraviesan hoy tanto la investigación científica como la innovación tecnológica».

En diciembre de 2014, el Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología publicó la III Encuesta Nacional de Percepción Pública de la Ciencia y la Tecnología, en la que se consultó a 6.113 personas en 11 ciudades del país; y que arrojó como resultado una situación preocupante, donde se evidencia una desconexión entre el valor que los colombianos les dan a la ciencia y su conocimiento. El 91% de los encuestados consideró que era importante hacer ciencia en el país, pero al consultarles en términos de utilidad, «sus opiniones van desde la importancia de la ciencia y la tecnología para la comprensión del mundo, hasta una ciencia y tecnología muy concreta en términos de cuidado de la salud

y prevención de enfermedades» (Congote 2015). En este sentido, aunque para todos la ciencia y la tecnología son importantes, pues solo así Colombia lograría desarrollarse y ser más independiente de los demás países, no tienen muy claro para qué ni saben definir adecuadamente el concepto básico de "ciencia". «Al indagar en qué palabra piensan cuando se habla de ciencia, el 18% no supo qué responder por falta de conocimiento, y el 82% restante utilizó 4.853 palabras para responder la pregunta» (Congote 2015).

A pesar de lo anterior, y con el objetivo de «ampliar la comprensión de las dinámicas de producción y uso del conocimiento, más allá de las sinergias entre sectores académicos, productivos y estatales, incluyendo a las comunidades y grupos de interés de la sociedad civil» (Fernández y col., 2016). En el año 2010 se planteó la Estrategia Nacional de ASCyT, la cual busca reorganizar y materializar las apuestas planteadas desde la Política de ASCyT de 2005, así como dar solución a dos problemas básicos como la concepción vertical de la construcción del conocimiento y la ambigüedad en la noción de apropiación.

Para ello, se plantearon cuatro líneas de acción, que son: la participación ciudadana en política científica; la comunicación ciencia, tecnología y sociedad; el intercambio y transferencia de conocimiento; y la gestión de conocimiento (ASCyT), encaminadas a posibilitar el empoderamiento de la sociedad civil a partir del conocimiento. No obstante, a la fecha no parece haber mayor avance en estos aspectos, sino que, por el contrario, los colombianos siguen siendo reticentes a interesarse por temáticas relacionadas con ciencia y tecnología, en parte gracias a la desarticulación entre la academia, el ejercicio científico y la cotidianidad de la población civil (Fernández y col., 2016).

Finalmente, y con el propósito de efectuar un ejercicio diagnóstico y actualizado de la percepción científico- tecnológica en la ciudad de Bogotá, y así ampliar el análisis referente a la situación de la ciencia y la tecnología en el contexto nacional, en el marco de la investigación que se realizará en Colombia, se llevará a cabo la aplicación de un instrumento similar al utilizado en la provincia de Córdoba Argentina, cuyas particularidades son:

- Instrumento con modificaciones en algunas palabras utilizadas.
- Selección de la muestra: Se aplicarán 500 encuestas en Bogotá y Cundinamarca: 100 a docentes de diferentes niveles de formación (educación básica y media, educación superior, docentes con vinculación estatal, pública y privada), a 15 Empresarios de diferentes sectores económicos, 15 funcionarios gubernamentales, 20 personas que se encuentren vinculadas a diferentes medios de comunicación, a

200 personas habitantes en Bogotá y Cundinamarca y 150 estudiantes de diferentes niveles de formación (educación básica y media, educación superior, docentes con vinculación estatal, pública y privada).

3. CONCLUSIONES

Con este estudio se pretende contribuir a la revisión de los esfuerzos individuales y colectivos realizados en el marco de las políticas públicas vinculadas a la ciencia y la tecnología desde una perspectiva humanística y de compromiso democrático. Se espera que se utilice como herramienta que trascienda el diagnóstico de la cultura científico-tecnológica de una sociedad y que sirva para mejorar el esfuerzo concertado entre diferentes instituciones, a fin de que los ciudadanos obtengan un mejor entendimiento del ámbito científico y tecnológico en el que viven, y mejoren su calidad de vida.

Conformar un escenario de la situación de Latinoamérica que sume conocimientos sobre lo que piensan y creen distintos actores sociales, puede fortalecer miradas locales y regionales que permitan interpretar lo que está sucediendo. Debe reconocerse que la participación democrática en el mundo actual cada día más está necesitando de una mayor comprensión de la ciencia y la tecnología por parte de los ciudadanos. Haciendo un superficial barrido por todo lo producido hasta el momento, parecería que son similares los datos obtenidos en distintos lugares por lo que es necesario continuar con estudios de este tipo y ampliar lo realizado a otros grupos sociales.

En el contexto colombiano, la revisión y el seguimiento de las políticas públicas implementadas o en desarrollo relacionadas con la apropiación del conocimiento y los avances científico-tecnológicos, así como el estudio de la percepción y participación de los ciudadanos en este ámbito en particular, puede contribuir de manera significativa a mejorar los mecanismos de participación, así como a la búsqueda de soluciones o alternativas a problemáticas que aquejan a las diversas comunidades. En este sentido, es menester analizar las implicaciones de la diversidad cultural del país para construir las estrategias, objetivos y metas de la participación pública de las políticas.

4. REFERENCIAS

Congote, N. (2015). En ciencia, Colombia debe pisar el acelerador. El Tiempo. Recuperado el 10 de marzo de 2017 de http://www.eltiempo.com/estilo-de-vida/ciencia/en-ciencia-colombia-debe-pisar-el-acelerador/15841437.

Éstevez Cedeño, E. & Escobar, A. (2010). Percepción social de la gobernanza de la ciencia y la tecnología. Expertos versus público. Anuario Electrónico de Estudios en Comunicación Social "Disertaciones", 3(2), Art. 3. Recuperado el 10 de marzo de 2017 dehttps://revistas.urosario.edu.co/index.php/disertaciones/article/view/3925.

FECYT. (s.f.). Apuntes sobre los estudios de percepción social de la ciencia y la tecnología. Recuperado el 10 de marzo de 2017 de https://www.upf.edu/pcstacademy/_docs/ApuntesFecyt.pdf.

Felt, U. (Ed.). (2003). O.P.U.S, Optimizing Public Understanding of Science and Technology.Final Report. Recuperado el 10 de marzo de 2017 de https://sts.univie.ac.at/en/research/completed-research-projects/opus/.

Fernández, P., Bello, A. &Massarani, L. (2016). Políticas públicas e instrumentos para el desarrollo de la cultura científica en América Latina. Montevideo: LATU; UNESCO; RedPOP.

Ferreyra, H., Vidales, S. & Bono, L. (2012). Cultura tecno-científica, percepción pública y participación ciudadana. Una aproximación a las interacciones entre ciencia, tecnología y sociedad en la provincia de Córdoba, Argentina. Córdoba: Universidad Católica de Córdoba. Recuperado el 10 de marzo de 2017 de http://www.oei.es/cienciayuniversidad/spip.php?article3601&debut_convocatorias=70.

Ferreyra, H. & Bono, L. (2014). Cultura tecnocientífica y percepción ciudadana de la ciencia y la tecnología en la provincia de Córdoba (República Argentina): conocer para comprender y construir con compromiso una sociedad más participativa. Ponencia presentada en el Congreso Iberoamericano de Ciencia, Tecnología y Educación, Buenos Aires, Argentina. Recuperado el 10 de marzo de 2017 de www.oei.es/congreso2014/memoriactei/11.pdf.

García Blanco, J. M. (1999). De la globalización y la mundialización al sistema de la sociedad mundial. En Ramos Torre, R. y García Selgas, F. (eds). Globalización, riesgo, reflexividad (pp. 21-56). Madrid: Centro de Investigaciones Sociológicas.

Institute for the Future for the University of Phoenix Research Institute. (2011). Futureworkskills 2020. Recuperado el 10 de marzo de 2017 de http://www.iftf.org/uploads/media/SR-1382A_UPRI_future_work_skills_sm.pdf.

Lozano, M. (2011). Políticas públicas y participación ciudadana: a propósito de la estrategia en ASCTI 2010. En T. Pérez& M. Lozano (Editoras). Ciencia, Tecnología y Democracia: Reflexiones en torno a la apropiación social del conocimiento. Medellín: Universidad EAFIT.

Macedo, B. y Katzkowicz, R. (2005). Alfabetización científica y tecnológica: aportes para la reflexión, UNESCO/OREALC. Recuperado el 10 de marzo de 2017 de http://www.unesco.cl/ing/atematica/educientyamb/doclig/index.act.

Martín-Barbero, J. (2005). La percepción que tienen los colombianos sobre la ciencia y la tecnología. En J. Aguirre (Ed.). La percepción que tienen los colombianos sobre la ciencia y la tecnología. Bogotá, Colombia: Colciencias. Recuperado el 10 de marzo de 2017 de https://www.upf.edu/pcstacademy/_docs/EncuestaColombia.pdf.

Ministerio de Educación Nacional. (s.f.). Formar para la ciencia, la tecnología y la innovación. Recuperado el 10 de marzo de 2017 de http://www.mineducacion.gov.co/1621/article-183960.html.

Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones de Colombia. (2016). Boletín Indicadores I+D+i de TI. Recuperado el 10 de marzo de 2017 de http://www.mintic.gov.co/portal/604/w3-article-14652.html.

OCDE. (2014). Perspectivas de la OCDE sobre ciencia, tecnología e industria 2014. Recuperado el 10 de marzo de 2017 de http://www.keepeek.com/Digital-Asset-Management/oecd/science-

and-technology/perspectivas-de-la-ocde-sobreciencia-tecnologia-e-industria-2014-version-abreviada_9789264226487-es#page3.

Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura & Red Iberoamericana de Indicadores de Ciencia y Tecnología del Programa CYTED. (2003). Proyecto Iberoamericano de Indicadores de Percepción Pública, Cultura Científica y Participación Ciudadana. Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología, Sociedad e Innovación, 5. Recuperado el 10 de marzo de 2017 de http://www.oei.es/revistactsi/numero5/documentos1.htm.

Orozco Labrador, J. y Orozco Moret, C. (2008). Planetarización versus globalización: la diferencia en las concepciones de éxito y en los propósitos del desarrollo mundial. En Entelequia. Revista Interdisciplinar, N° 8, 19-28. Recuperado el 8 de mayo de 2017, de https://revistaentelequia.wordpress.com/2008/10/04/planetarizacion-versus-globalizacion-la-diferencia-en-las-concepciones-de-exito-y-en-los-propositos-del-desarrollo-mundial/.

Pérez-Agote Poveda, A. (1999). Globalización, crisis de Estado y anomia. La teoría social visita Europa. En Ramos Torre, R. y García Selgas, F. (eds). Globalización, riesgo, reflexividad (pp. 57-72). Madrid: Centro de Investigaciones Sociológicas.

Polino, C. (2003). Percepção pública da ciência e desenvolvimento científico local. Recuperado el 10 de marzo de 2017 de http://www.comciencia.br/reportagens/cultura/cultura19.shtml.

Polino, C., Fazio, M. &Vaccarezza, L. (2003). Medir la percepción pública de la ciencia en los países iberoamericanos. Aproximación a problemas conceptuales. Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología, Sociedad e Innovación, 5. Recuperado el 10 de marzo de 2017 de http://www.oei.es/revistactsi/numero5/articulo1.htm.

Robertson, R. (1992). Globalization: Social Theory and Global Culture. Londres: Sage.

Rúa Ceballos, N. (2006). La globalización del conocimiento científico tecnológico y su impacto sobre la innovación en los países menos desarrollados. En Memorias (Libro 1). 1º Congreso Iberoamericano de Ciencia, Tecnología, Sociedad e innovación CTS+I. México.

UNESCO. (2005). ¿Cómo promover el interés por la cultura científica? Una propuesta didáctica para la educación científica de jóvenes de 15 a 18 años? Chile: Andros Impresores. Recuperado el 10 de marzo de 2017 de http://unesdoc.unesco.org/images/0013/001390/139003S.pdf.

UNESCO. (2016). Políticas públicas e instrumentos para el desarrollo de la cultura científica en América Latina.Montevideo: LATU; UNESCO; RedPOP. Recuperado el 10 de marzo de 2017 de http://www.unesco.org/new/fileadmin/MULTIMEDIA/FIELD/Montevideo/pdf/SC-PoliticasPublicasInstrumentosCltCientificaALC.pdf.

Utria, R (2007). Globalización y desarrollo científico y tecnológico: el gran reto para los países latinoamericanos. En La Hojarasca. Alianza de escritores y periodistas N° 28. Recuperado el 8 de mayo de 2017, de http://www.escritoresyperiodistas.com/NUMERO28/ruben.htm

Valladares, L. (2011). Las competencias en la educación científica. Tensiones desde el pragmatism epistemológico. Perfiles Educativos, XXXIII (132), 158-182.

World of Economic Forum. (2016). The future of Jobs. Employment, skills and workforce strategy for the fourth industrial revolution. Recuperado el 10 de marzo de 2017 de http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=13218510010.

e-ISSN 2588-0764. URL: https://revistas.utm.edu.ec/index.php/Basedelaciencia

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, Geociencias y áreas Afines.

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 afines. 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.

e-ISSN 2588-0764. URL: https://revistas.utm.edu.ec/index.php/Basedelaciencia

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 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.

e-ISSN 2588-0764. URL: https://revistas.utm.edu.ec/index.php/Basedelaciencia

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, Geociencias o Ciencias Afines). 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:

e-ISSN 2588-0764. URL: https://revistas.utm.edu.ec/index.php/Basedelaciencia

Dra. Lelly María Useche Castro[1*], MSc. Olga Lilian Mendoza Talledo[1] , MSc. Rosalba Karen Bravo Saltos[1], MSc. Miguel Ángel Lapo Palacios[1]

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: [1]Departamento 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

e-ISSN 2588-0764. URL: https://revistas.utm.edu.ec/index.php/Basedelaciencia

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.

e-ISSN 2588-0764. URL: https://revistas.utm.edu.ec/index.php/Basedelaciencia

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 Psychologycal 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.

e-ISSN 2588-0764. URL: https://revistas.utm.edu.ec/index.php/Basedelaciencia

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

e-ISSN 2588-0764. URL: https://revistas.utm.edu.ec/index.php/Basedelaciencia

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.

e-ISSN 2588-0764. URL: https://revistas.utm.edu.ec/index.php/Basedelaciencia

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**

e-ISSN 2588-0764. URL: https://revistas.utm.edu.ec/index.php/Basedelaciencia

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

e-ISSN 2588-0764. URL: https://revistas.utm.edu.ec/index.php/Basedelaciencia

Miembros del Consejo Editorial

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

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

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

Dr. Miguel José Vivas-Cortez
Matemática Revista Bases de la Ciencia. **(Ecuador)**/mjvivas@puce.edu.ec**.** Pontificia Universidad Católica del Ecuador (PUCE)

Dr. Gilberto Colina
Química Revista Bases de la Ciencia. **(Venezuela)**/gjcolinaa@gmail.com**.** Universidad del Zulia.

Dra. Elvia Victoria Cabrera Maldonado
Química Revista Bases de la Ciencia. **(Ecuador)** /vicky_label2000@yahoo.es, vicky_label2000@hotmail.com. Facultad de Ingeniería Química. Universidad Central del Ecuador.

Ing. Rosalba Karen Bravo Saltos
Apoyo logístico e informático Revista Bases de la Ciencia. **(Ecuador)** /rosybravo777@gmail.com**.** Instituto de Ciencias Básicas. Universidad Técnica de Manabí.

Ing. Carlos Rivero Torres
Apoyo logístico e informático Revista Bases de la Ciencia. **(Ecuador)** crivero@utm.edu.ec**.** Universidad Técnica de Manabí.

Ing. Ángel E. Hernández B.
Corrector de traducción del idioma español al inglés Revista Bases de la Ciencia. **(Jamaica)**/aehb86@gmail.com**.** University Technology of Jamaica

Miembros del Comité Editorial Interno

e-ISSN 2588-0764. URL: https://revistas.utm.edu.ec/index.php/Basedelaciencia

Dr. Jean Carlos Pérez Parra.
(Ecuador)/jcarlospp@gmail.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

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

Miembros del Comité Editorial Externo

Dr. Tony Jesús Viloria Ávila.
(Ecuador)/tviloria63@yahoo.es, tviloria@ups.edu.ec. Ingeniería Ambiental. Universidad Politécnica Salesiana.

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)

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

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

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

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