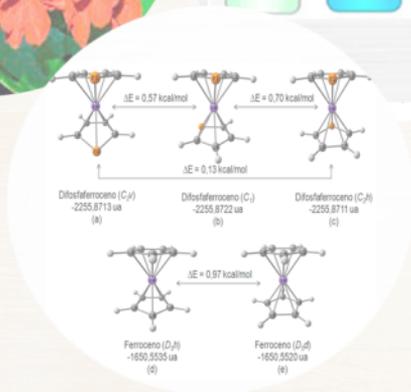
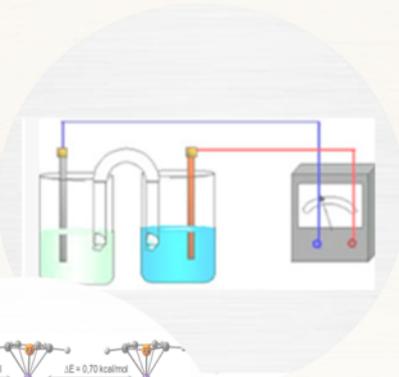




REVISTA BASES DE LA CIENCIA

ISSN 2588-0764 - Instituto de Ciencias Básicas



Septiembre - Diciembre 2018

ISSN 2588-0764

Vol. 3 Num.

3



Índice

Ciencias Químicas	
Identificación del ácido Rosmarínico a partir de Cordia Sebestena (Boraginaceae) José Gerardo Ortega Fernandez, Nicole Porta, Néstor Peña, Maybeline Danis, Dinorah Avila, Frine Ruiz	1
Propiedades ópticas no lineales del difosfaferroceno. Un estudio teórico Johan Urdaneta, Humberto Soscún, Ana Ocando, Alberto Campos	11
Optimización de las condiciones de extracción de compuestos fenólicos en el extracto de orujo de uva variedad malvasía Laura Soto Arrieta, Maria Berradre, José Ortega, Jorge Ortega, Betzabe Sulbaran, Graciela Ojeda de Rodríguez	19
La Tareas docentes para desarrollar la habilidad modelar el experimento químico en la asignatura química general Yuniusky Cruz López, Jorge Laudelino Fernández Leyva, Regla Ywalkis Borrero Springer, Maricel Trinidad Salas Gainza	37
Ciencias Matemáticas	
Las matemáticas como recurso para estimular el desarrollo de la flexibilidad como cualidad de las potencialidades creadoras de los estudiantes en el preuniversitario Yendry Llorente guilera, Nelsy Perfecto Pérez Ponce de León	53
Guía de autores	81
Créditos	91

IDENTIFICACIÓN DEL ÁCIDO ROSMARÍNICO A PARTIR DE *Cordia sebestena* (BORAGINACEAE)

MSc. Nicole Porta¹, MSc. Maybeline Danis¹, Dr. Néstor Peña¹, Dra. Dinorah Ávila¹,
Dra. Frine Ruiz¹, Dr. José Ortega F.^{1*}

¹Laboratorio de Productos Naturales. Departamento de Química, Facultad Experimental de Ciencias, Universidad del Zulia. Apartado 526. Maracaibo, Venezuela.

*Autor para la correspondencia. E-mail: jgof1970@gmail.com

Recibido: 7-2-2018 / Aceptado: 15-5-2018

RESUMEN

El ácido rosmarínico es un éster del ácido cafeico y el ácido 3,4-dihidroxifenil láctico, un fenil propanoide natural, que se encuentra principalmente en las especies de la familia Boraginaceae, la subfamilia Nepetoideae de la familia lameaceae y en algunas plantas inferiores como los helechos. Se aisló e identificó por primera vez a partir de *Rosmarinus officinalis* por dos químicos italianos, Scarpati y Oriente en 1958. Se realizó fraccionamiento ácido-base sobre el extracto hidroalcohólico crudo (ECH), con el propósito de obtener únicamente fracción de ácidos fuertes (Af). La misma se separó por cromatografía de columna para obtener la subfracción Af-1, a partir de la cual se aisló un sólido amarillo con PF 170 °C, el cual se caracterizó química y espectroscópicamente por UV, IR y RMN ¹H, ¹³C y se identificó como ácido rosmarínico.

Palabras clave: Boraginaceae, *Cordia sebestena*, fenoles, ácido rosmarínico.

IDENTIFICATION OF ROSMARINIC ACID FROM *Cordia sebestena* (BORAGINACEAE)

ABSTRACT

Different investigations on the Boraginaceae family have focused on the search for substances of proven pharmacological activity. The *Cordia sebestena* species, has not been studied as much, in a chemical and pharmacological way, so it is interesting to study this endemic plant in the western Venezuelan region. The plant material was collected in the city of Maracaibo, Zulia state. Raw hydroalcoholic extract was obtained from the fresh leaves by maceration with isopropanol-water (7: 3). By means of acid-base extraction, the fraction of strong acids was obtained. It was separated by column chromatography to obtain Af-1 subfraction, from which a yellow solid was isolated with mp 170 ° C, which was characterized chemically and spectroscopically by UV, IR and ¹H, ¹³C NMR and identified as rosmarinic acid. Rosmarinic acid is an ester of caffeic acid and 3,4-dihydroxyphenyl lactic acid, a natural phenyl propanoid, which is found mainly in the species of the family Boraginaceae, the subfamily Nepetoideae of the family Lameaceae and in some lower plants such as Ferns.

Keywords: Boraginaceae, *Cordia sebestena*, phenols, rosmaric acid.



IDENTIFICAÇÃO DO ÁCIDO ROSMARÍNICO DE *Cordia sebestena* (BORAGINACEAE)

RESUMO

O ácido rosmarínico é um éster do ácido cafeico e o ácido 3,4-dihidroxifenil láctico, um fenil propanoide natural, encontrado principalmente nas espécies da família Boraginaceae, a subfamília Nepetoideae da família Lamiales e em algumas plantas inferiores como as Samambaias. Foi isolado e identificado pela primeira vez a partir de *Rosmarinus officinalis* por dois químicos italianos, Scarpati e Oriente em 1958. O fracionamento ácido-base foi realizado no extracto hidroalcoólico bruto (ECH), com o objetivo de obter apenas uma fracção ácida forte (Af). Separou-se por cromatografia em coluna para obter a sub-fracção Af-1, da qual se isolou um sólido amarelo com PF 170 ° C, que foi caracterizado quimicamente e espectroscopicamente por UV, IR e RMN ¹H, ¹³C e identificado como Ácido Rosmarínico.

Palavras-chave: Boraginaceae, *Cordia sebestena*, fenóis, ácido rosmarínico.

1. INTRODUCCIÓN

Los avances en la fitoquímica buscan como objetivo principal, aislar metabolitos secundarios a partir de plantas de las cuales se conozca su uso en la medicina tradicional para aliviar ciertas dolencias. En este sentido, la familia *Boraginaceae* abarca un gran número de plantas utilizadas en la medicina popular; por ejemplo, es muy conocido el uso de las hojas de la borraja (*Borrago officinalis*) contra los cálculos, gota, e ictericia y la infusión de flores del cauajaro (*Cordia alba*), como antipirético y expectorante (Pittier, 1978; Schnee, 1984). A esta familia de las *Boraginaceae*, pertenece el género *Cordia*, del cual se han identificado y estudiado alrededor de 300 especies a nivel mundial, sobre todo en regiones cálidas. En la geografía venezolana, específicamente en el estado Zulia, son comunes las especies *C. sebestena*, *C. dentata*, *C. policephala* y *C. collococca*. Este género es una fuente conocida de benzoquinonas, naftoquinonas, hidroquinonas, cromenos, triterpenos, sesquiterpenos, fenoles y flavonoides. Muchos compuestos originalmente aislados de especies de *Cordia*, han sido reportados por presentar actividades biológicas, como antifúngica, antioxidante, larvicida, antiinflamatoria y anti-andrógena, características de los compuestos encontrados en los extractos que fueron estudiados (Lawal, Mbanu & Adeniyi, 2014).

Desde el punto de vista farmacológico, los fenoles pueden fungir como antioxidantes, antimutagénicos, anticancerígenos, antialérgicos, antiinflamatorios, antivirales, antiulcerosos, antidiarréicos, antihelmínticos y antihepatotóxicos. En general, los fenoles provenientes de plantas pueden proteger de enfermedades con una etiología y fisiopatología relacionada con especies reactivas de oxígeno, puesto que los compuestos fenólicos actúan como agentes

reductores (Carvalho *et al.*, 2015). Por todas estas razones los compuestos fenólicos de origen natural han sido objeto de diversas investigaciones.

En Venezuela, existen pocos reportes sobre el contenido de fenoles totales presentes en especies del género *Cordia*. En este sentido, el objetivo de esta investigación es, evaluar el contenido fenólico de los diferentes extractos y fracciones obtenidos a partir de las hojas de *Cordia sebestena*.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Recolección del vegetal y extracción

El material vegetal (hojas) fue recolectado en febrero de 2015 a partir de un ejemplar de aproximadamente tres (3) metros y medio de alto de *C. sebestena*. Se seleccionó un espécimen sometido a condiciones de estrés ambiental (altas temperaturas, poco riego) ubicado en la Avenida 70A con Calle 81, en el Sector Ana María Campos (Coordenadas: 10° 40' 10.29" N, 71° 39' 44.80" O), Parroquia Raúl Leoni del Municipio Maracaibo, Estado Zulia, Venezuela.

Se recolectó en total 4003,81 g de material vegetal en el muestreo, oscilando el tamaño de las hojas recogidas entre 17-30 cm de largo. Una muestra del material recolectado fue tomada para su identificación taxonómica por el Lcdo. Guillermo Sthormes, del Laboratorio de Sistemática Vegetal de la Facultad de Agronomía de la Universidad del Zulia, ubicando el espécimen bajo la Referencia del Herbario No. V.037 (colectada 1995, María Dolores Pérez).

El material vegetal se sometió a un proceso de extracción y fraccionamiento, tal y como se describe a continuación: Primeramente, se tomaron 1055,57 g de material vegetal fresco, que fue procesado 24 horas luego de la recolección, sometiéndolo a un proceso de maceración en frío empleando isopropanol como solvente. Una vez finalizado el tiempo de extracción por maceración, el extracto se filtró y se evaporó a presión reducida en un rotaevaporador marca Bucci para obtener el extracto hidroalcohólico crudo (EHC). Posteriormente, se tomaron 20,31 g de EHC y se realizó el fraccionamiento sucesivo utilizando solventes como éter de petróleo, acetato de etilo y metanol, consecutivamente.

2.2. Aislamiento e identificación

A partir de 2,89 g del EHC, empleando en esta ocasión dietil éter (Riedel-de Hæn, 99%) como solvente orgánico para obtener únicamente la fracción de ácidos fuertes (Af). A partir

de la fracción Af se realizó una separación cromatográfica por columna abierta, monitoreando el proceso por cromatografía de capa fina (TLC).

Para ello, se empacó una columna con gel de sílice (9,8 g) y se sembraron 0,140 g de la fracción, realizando eluciones continuas con los sistemas de solventes: a) cloroformo: éter dietílico en proporciones 8:2 y b) cloroformo: metanol en proporción 1:1, para obtener un total de 19 fracciones, que fueron monitoreadas por cromatografía de capa fina reuniendo finalmente las que fuesen semejantes. La subfracción que resultó más importante para la presente investigación fue la Af-1, obtenida a partir de las fracciones 9 y 10 de la separación cromatográfica.

Ácido (2R)-3-(3,4-dihidroxifenil)-2-[(E)-3-(3,4-dihidroxifenil)prop-2-enoil]oxipropanoico (Ácido Rosmarínico)

A partir de la subfracción Af-1 (16 mg) se separó un sólido amorfo amarillo de punto de fusión 170° C, que presentó respuesta positiva al FeCl₃ y negativa frente al reactivo de Naturstoff.

UV (MeOH): λ_{\max} (nm): 289(I) 328(II). Adición de gotas de NaOH 5 % 302(I), 354(II).

IR (KBr): 3490-300 cm⁻¹ (banda ancha; ν OH de fenoles, ácido carboxílico), 1722 cm⁻¹ (ν C=O de ácido carboxílico), 1690 cm⁻¹ (ν C=O éster conjugado), 1620 cm⁻¹ (ν C=C olefínica).

RMN ¹H (CD₃OD, 300 MHz), δ (ppm): 7,54 (1H, d, J=15.9 Hz), 7,03 (1H, d, J= 2,1 Hz), 6,94 (1H, dd, J= 8,4 Hz; 2,1 Hz), 6,76 (1H, d, J= 8,1 Hz), 6,73 (1H, d, J= 2,1 Hz), 6,68 (1H, d, J= 8,1 Hz), 6,60 (1H, dd, J= 8,1 Hz; 2,1 Hz), 6,25 (1H, d, J= 15,9 Hz), 5,17 (1H, dd, J= 8,25 Hz, 4,5 Hz), 3,09 (1H, dd, J= 14,4 Hz; 4,5 Hz), 2,99 (1H, dd, J= 14,2 Hz; 8,4 Hz).

RMN ¹³C (CD₃OD, 75 MHz), δ (ppm): 173,48; 168,45; 149,73; 147,71; 146,81; 146,17; 145,28; 129,28; 127,65; 123,13; 121,80; 117,58; 116,51; 116,30; 115,24; 114,45; 74,61; 37,92.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Como puede observarse, a partir de la subfracción Af-1 se logró el aislamiento de un sólido amorfo de coloración amarilla, con un punto de fusión de 170 °C. Dicho sólido presentó fluorescencia bajo luz UV (366 nm) y reacción positiva para presencia de fenoles. La respuesta negativa ante el ensayo de Naturstoff evidencia que el compuesto no presenta estructura flavonoide, por lo que posiblemente, en vista de su fluorescencia azul a 366 nm, se trate de un ácido fenólico.

En el espectro UV, para la subfracción Af-1 en metanol, se observan dos bandas importantes ubicadas a 328 y 289 nm que sufren desplazamiento batocrómico al adicionar gotas de NaOH al 5%. Ello sugiere la presencia de grupos fenólicos, ratificado por la fuerte sensibilidad del espectro UV al cambio de pH por el paso de la forma fenol a fenóxido al alcalinizar el medio, desplazando las bandas de absorción.

Se ha reportado que el espectro UV del ácido rosmarínico en metanol presenta un máximo de absorbancia a 328 nm con un hombro a 290 nm, lo cual coincide con las señales observadas para el compuesto aislado en la subfracción Af-1 (Oztürk *et al.*, 2010).

En el espectro FTIR para el compuesto encontrado en Af-1 se observan las siguientes señales: una banda ancha entre 3490-2500 cm^{-1} que corresponde a tensiones de grupos -OH de ácido carboxílico y alargamiento de grupos -OH fenólicos, una señal a 1722 cm^{-1} debido a las vibraciones de tensión para un grupo carbonilo de un ácido carboxílico, a 1690 cm^{-1} una señal que corresponde a la vibración de tensión de un carbonilo para un éster conjugado y a 1620 cm^{-1} una señal que se debe a las vibraciones de tensión de enlace olefínico.

Se ha reportado que el espectro IR para el ácido rosmarínico muestra señales entre 3350-3550 cm^{-1} correspondiente a los grupos -OH de la molécula, el carbonilo ácido a 1740 cm^{-1} y el del éster conjugado a 1720 cm^{-1} (Mehrabani *et al.*, 2005), señales similares a las encontradas en la caracterización espectroscópica del compuesto proveniente de la subfracción Af-1.

En el espectro de ^1H RMN para el compuesto aislado en Af-1 se observan señales, tanto en la zona aromática, como en la alifática. En la zona aromática se aprecia una señal doblete a 7,54 ppm que integra para un protón, con una constante de acoplamiento de 15,9 Hz, característica para un acoplamiento tipo trans de una olefina. El segundo protón, que exhibe una constante de acoplamiento trans de 15,6 Hz, se observa como un doblete a 6,25 ppm, a campo más alto por encontrarse adyacente a un carbono carbonílico que provoca apantallamiento de la señal. Ambas señales indican pues, la presencia de una olefina adyacente a un carbono carbonílico, en la que los protones se encuentran en una configuración *trans*.

Siguiendo el análisis de las señales presentes en la zona aromática, puede observarse un doblete a 7,03 ppm que integra para un protón y presenta una constante para un acoplamiento meta de 2,1 Hz. Este protón por su lado presenta una señal a 6,94 ppm, que se observa como un doblete de doblete que integra para un protón, con constantes de

acoplamiento de 8,4 Hz y 2,1 Hz, características de acoplamientos orto y meta. A 6,76 ppm se observa un doblete que integra para un protón y exhibe una constante de 8,1 Hz, atribuido a un acoplamiento tipo orto. Por otra parte, se observa a 6,73 ppm un doblete que integra para un protón y exhibe una constante de acoplamiento de 2,1 Hz, característica para un segundo acoplamiento meta. A 6,68 ppm se observa un doblete que integra para un protón y tiene una constante de acoplamiento de tipo orto de 8,1 Hz. Finalmente, a 6,60 ppm se observa un doblete de dobletes, con constantes de acoplamiento de 8,1 Hz y 2,1 Hz, características de acoplamientos tipo orto y meta.

A campo más alto, pueden observarse las señales de protones sobre carbonos alifáticos, que corresponden a un acoplamiento de un sistema ABX. A un desplazamiento de 5,17 ppm se observa un doblete de dobletes, con constantes de acoplamiento de 8,25 Hz y 4,5 Hz, asignables a la parte X del sistema ABX, es decir, al protón ubicado sobre un carbono quiral, que presenta acoplamientos vecinales con los protones ubicados sobre el carbono adyacente a éste. Por otro lado, a 3,09 y 2,99 ppm se observan las señales que corresponden a la parte AB del sistema ABX, con constantes de acoplamientos vecinales de 14,4 Hz y 14,2 Hz y geminales de 4,5 Hz y 8,4 Hz, asignables a los protones diastereotópicos ubicados sobre el carbono adyacente al carbono quiral.

En el espectro ^{13}C RMN se observa un total de dieciocho (18) señales. A 173,48 ppm y 168,45 ppm se observan las señales características para carbonos de grupos carbonilo para las funciones ácido carboxílico y éster, respectivamente. Entre 149,73 ppm y 145,28 ppm se observan 5 señales asignadas a los átomos de carbono aromático sobre los que se ubican los grupos catecol, (149,73 ppm, 147,71 ppm, 146,17 ppm, 145,28 ppm), así como también un carbono olefínico (146,81 ppm). Entre 129,28 ppm y 114,45 ppm se observan señales correspondientes a carbonos del tipo aromático, y una señal para un segundo carbono olefínico se observa a 115,24 ppm. A campo más alto, en 74,61 ppm y 37,92 se observan las señales atribuibles a los átomos de carbono alifático.

Cabe destacar, que las señales de ^1H y ^{13}C coinciden con las reportadas en la literatura, para el ácido rosmarínico, aislado a partir de la fracción soluble en acetato de etilo de *C. sinensis* (Mehrabani et al., 2005), tal y como se muestra en las **Tablas 1 y 2**. Además de coincidir las señales espectrales, el compuesto aislado en la fracción de acetato de etilo a partir de *C. sinensis* (Mehrabani et al., 2005) presentó propiedades físicas similares a las encontradas en la presente investigación para el sólido aislado de la subfracción Af-1.

Identificación del Ácido Rosmarínico a partir de *Cordia Sebestena* (Boraginaceae)

Tabla 1. Datos espectroscópicos comparativos de RMN ¹H de la subfracción Af-1 de *C. sebestena* y la fracción de acetato de etilo de *C. sinensis* (Mehrabani *et al.*, 2005).

Desplazamiento (δ). Solvente: CD ₃ OD		Protón al que se atribuye señal
Subfracción Af-1	Reportado ¹⁹	
7,54, d, J=15,9 Hz	7,51, d, J=15,5 Hz	7'
7,03, d, J= 2,1 Hz	7,03, d, J= 2,0 Hz	2'
6,94, dd, J= 8,4 Hz; 2,1 Hz	6,91, dd, J= 8,0 Hz; 2,0 Hz	6'
6,76, d, J= 8,1 Hz	6,77, d, J= 8,0 Hz	5'
6,73, d, J= 2,1 Hz	6,72, d, J= 2,0 Hz	2
6,68, d, J= 8,1 Hz	6,68, d, J= 8,0 Hz	5
6,60, dd, J= 8,1 Hz,; 2,1 Hz	6,63, dd, J= 8,0 Hz,; 2,0 Hz	6
6,25, d, J= 15,9 Hz	6,27, d, J= 15,5 Hz	8'
5,17, dd, J= 8,25 Hz, 4,5 Hz	5,09, dd, J= 10,0 Hz, 3,5 Hz	8
3,09, dd, J= 14,4 Hz; 4,5 Hz	3,10, dd, J= 14,5 Hz; 3,5 Hz	7a
2,99, dd, J= 14,2 Hz; 8,4 Hz	2,94, dd, J= 14,5 Hz; 10,0 Hz	7b

Debido a las evidencias químicas y espectroscópicas observadas para el compuesto aislado en la subfracción Af-1, se concluye que el compuesto en cuestión es el ácido rosmarínico:

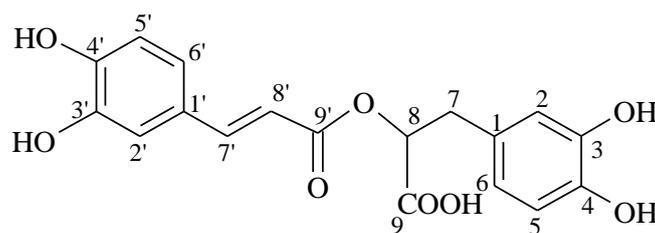


Figura 1. Ácido rosmarínico

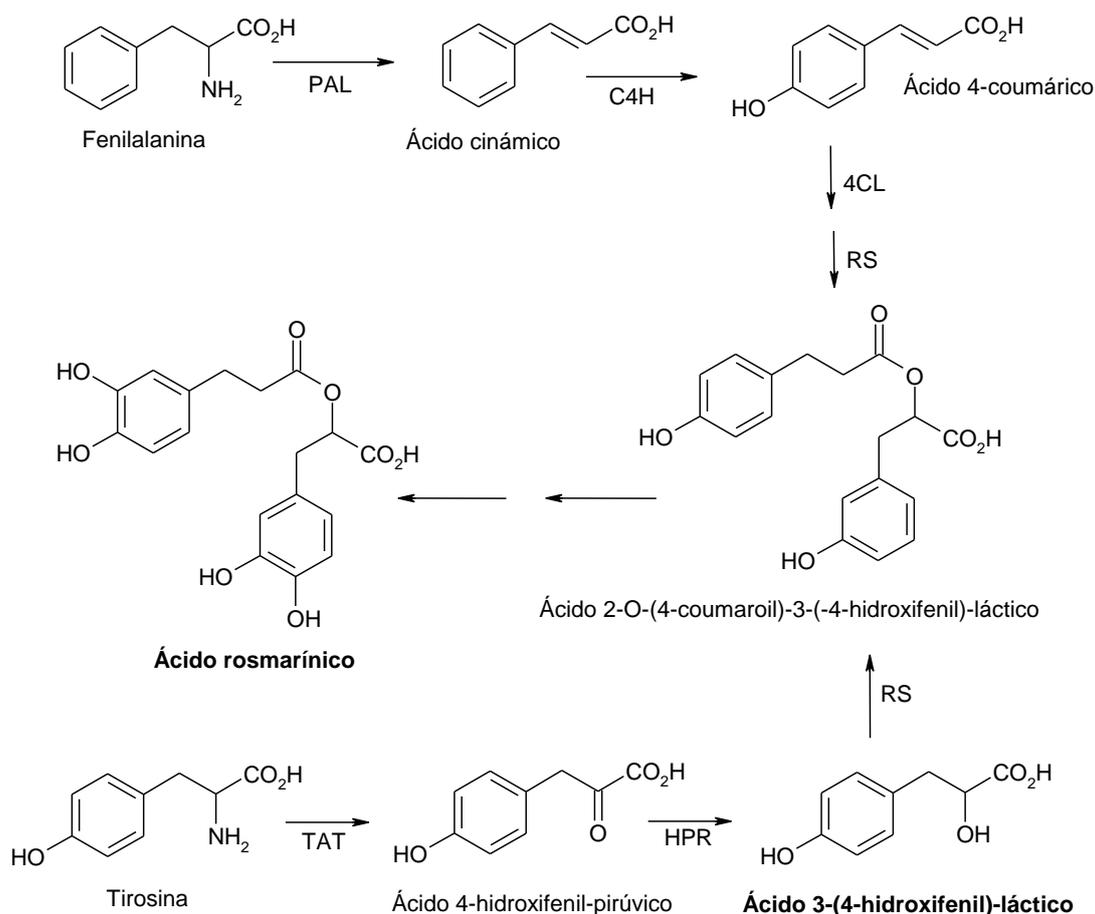
Tabla 2. Datos espectroscópicos comparativos de RMN ¹³C de la subfracción Af-1 de *C. sebestena* y la fracción de acetato de etilo de *C. sinensis* (Mehrabani *et al.*, 2005).

Desplazamiento (δ). Solvente: CD ₃ OD		Carbono al que se atribuye señal
Subfracción Af-1	Reportado ¹⁹	
173,48; 168,45	177,64; 169,24	9; 9'
149,73; 145,28	149,50; 144,93	4'; 4
147,71; 146,17	146,85; 146,08	3'; 3
146,8; 137,92	146,79; 38,93	7'; 7
129,28; 127,65	131,29; 128,12	1; 1'
123,13; 121,80	123,04; 121,89	6'; 6
117,58; 114,45	117,63; 115,27	2; 2'
116,51; 116,30	116,60; 116,34	5'; 5
115,24; 74,61	115,77; 77,79	8'; 8

El ácido rosmarínico es un éster del ácido cafeico (ácido 3,4-dihidroxicinámico) y ácido 3,4-dihidrofenoiláctico. Sus estudios biogénicos iniciaron en el año 1970 y se ha demostrado que los dos aminoácidos fenilalanina y tirosina forman parte del mecanismo de biosíntesis (**Figura 2**), donde la parte de ácido cafeico se forma a partir de la fenilalanina y el ácido 3,4-dihidrofenoiláctico proviene de la tirosina (Al-Musayeib *et al.*, 2011).

Su estructura química fue descrita por Scarpati y Oriente en el año 1958 y se aisló a partir de la *Rosmarinus officinalis* (Lamiaceae) a lo cual se debe su nombre (Petersen & Simmonds, 2003). Este metabolito se encuentra comúnmente en especies de la familia de la *Boraginaceae* y en la subfamilia *Nepetoideae* de la *Lamiaceae* (Petersen, 2013) y de hecho éste es considerado como un marcador quimiotaxonómico para la familia *Boraginaceae*, existiendo incluso reportes de aislamientos para las especies del género *Cordia* (Bhatt *et al.*, 2013).

Identificación del Ácido Rosmarínico a partir de *Cordia Sebestena* (Boraginaceae)



PAL: Fenilalanina-amonioliasa; C4H: Cinámico-4-hidroxilasa; 4CL: 4-coumárico-CoA-ligasa; TAT: Tirosina-aminotransferasa; HPR: Hidroxifenilpiruvato-reductasa

Figura 2. Ruta biosintética propuesta para la formación del ácido rosmarínico (Geller et al., 2010).

Este metabolito es conocido por poseer actividad antioxidante, antiinflamatoria, antibacteriana y ha mostrado inhibición sobre la transcriptasa reversa y la proteasa del VIH. En cuanto a su incidencia en el género *Cordia* se ha demostrado la presencia del ácido rosmarínico en flores de *C. dentata* (Bhatt et al., 2013), en el extracto etanólico a partir de hojas de *C. americana* (Geller et al., 2010) también se ha identificado extractos de *C. verbenácea* señalándose que este metabolito es en efecto marcador quimiotaxonómico para esta especie (Matos et al., 2015). Se ha identificado la presencia de ácido rosmarínico en el extracto de acetato de etilo de *C. sinensis* (Mehrabani et al., 2005) y en *C. sebestena* se ha logrado aislar a partir del extracto de acetato de etilo de los frutos (Dai et al., 2010). En la presente investigación, se ha aislado a partir de hojas de *C. sebestena*, lo cual no se encuentra aún reportado en la literatura, representado ello en un aporte en referencia a estudios fitoquímicos para la especie.

4. CONCLUSIONES

El estudio fitoquímico del extracto hidroalcohólico proveniente de las hojas de *Cordia sebestena* permitió la identificación del ácido rosmarínico con componente principal de dicho extracto y que pudiera ser responsable de la actividad antioxidante atribuida a esta especie.

5. AGRADECIMIENTO

Nuestro agradecimiento al Consejo de desarrollo Científico y Humanístico de la Universidad del Zulia (CONDES-LUZ) por el financiamiento parcial de este trabajo a través del proyecto VAC-CONDES-CC-0615-14 y al Laboratorio de Resonancia Magnética Nuclear del Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas (IVIC) por el estudio espectroscópico realizado.

6. REFERENCIAS

- Al-Musayeb, N., Perveen, S., Fatima, I., Nasir, M., Hussain, A. (2011). Antioxidant, Anti-Glycation and Anti-Inflammatory Activities of Phenolic Constituents from *Cordia sinensis*. *Molecules*, 16: 10214-10226.
- Bhatt, R., Mishra, N., Kumar, P. (2013). Phytochemical, pharmacological and pharmacokinetics effects of rosmarinic acid. *Journal of Pharmaceutical and Scientific Innovation*, 2 (2): 28-34.
- Carvalho, D., Costa, H., Gonçalves, T., Ramos, M., Sanches-Silva, A. (2015). Advances in phenolic compounds analysis of aromatic plants and their potential applications. *Trends in Food Science & Technology*, 45 (2): 336-354.
- Dai, J., Sorribas, A., Yoshida, W., Williams, P. (2010). Sebestenoids A–D, BACE1 inhibitors from *Cordia sebestena*. *Phytochemistry*, 71: 2168–2173.
- Geller, F., Schmidt, C., Göttert, M.; Fronzab, M., Schattel, V., Heinzmann, B., Werz, O., Flores, E., Merfort, I., Laufer, S. (2010). Identification of rosmarinic acid as the major active constituent in *Cordia Americana*. *Journal of Ethnopharmacology*, 128, 561-566.
- Lawal, T., Mbanu, A., Adeniyi, A. (2014). Inhibitory activities of *Ceiba pentandra* (L.) Gaertn. and *Cordia sebestena* Linn. on selected rapidly growing mycobacteria. *African Journal of Microbiology Research*, 8 (24), 2387-2392.
- Matos, D., Tironi, F., Martins, D., Fagg, C., Netto, N., Simeoni, L., Magalhães, P., Silveira, D., Fonseca-Bazzo, Y. (2015). Determinação de ácido rosmarínico em *Cordia verbenacia* por cromatografia líquida: aplicabilidade em estudo sazonal. *Revista Brasileira de Plantas Mediciniais.*, 17 (4) supl. II, 857-864.
- Mehrabani, M., Shams-Ardakani, M., Ghannadi, A., Ghassemi, N., Sajjadi, S. (2005). Production of rosmarinic acid in *Echium amoenum* Fisch. And C.A. Mey. *Cell Cultures, Iranian Journal of Pharmaceutical Research*, 2: 111-115.
- Öztürk, M., Duru, M., İnce, B., Harmandar, M., Topçu, G. (2010), A new rapid spectrophotometric method to determine the rosmarinic acid level in plant extracts. *Food Chemistry*, 123: 1352-1356.
- Petersen, M. (2013). Rosmarinic acid: new aspects. *Phytochemistry Reviews*, 1: 21-25.
- Petersen, M., Simmonds, M. (2003). Molecules of interest: Rosmarinic Acid. *Phytochemistry*, 62, 121-125.
- Pittier, H. (1978). *Manual de las Plantas Usuales de Venezuela*. Editorial Ariel, España. pp. 333-425.
- Schnee, L. (1984). *Plantas comunes de Venezuela*. Ediciones UCV, Venezuela. pp. 806.

PROPIEDADES ÓPTICAS NO LINEALES DEL DIFOSFAFERROCENO. UN ESTUDIO TEÓRICO

Dr. Johan Urdaneta^{1,2*}, Dr. Humberto Soscún^{1‡}, Lcda. Ana Ocando¹, Dr. Gusdanis Alberto Campos³

¹Laboratorio de Química Inorgánica Teórica. Dr. Humberto Soscún Machado. Departamento de Química, Facultad de Ciencias, Universidad del Zulia, Maracaibo-Venezuela.

²Universidad Técnica de Manabí, Departamento de Ciencias Biológicas.

³Universidad Técnica de Manabí.

[‡]Fallecido en octubre de 2013.

*Autor para la correspondencia. E-mail: johansub@gmail.com

Recibido: 11-8-2018 / Aceptado: 15-11-2018

RESUMEN

La óptica no lineal (NLO, por sus siglas en inglés de: No Linear Optics) se ha desarrollado en los últimos años como un importante campo de investigación debido a su aplicabilidad en la fotoelectrónica y tecnología fotónica. En las últimas décadas los complejos organometálicos se han convertido en una clase de moléculas de gran interés en NLO. Estos complejos combinan las ventajas de las moléculas orgánicas con las ofrecidas por las sales inorgánicas. En este trabajo se realizó un estudio mecano-cuántico computacional de la contribución electrónica en fase gas de las propiedades ópticas del difosfaferroceno a nivel estático, empleando el método DFT CAM-B3LYP y el conjunto base 6-31+G(d,p), en conjunto con la metodología de campo finito basadas en la ecuaciones de Kurtz. Adicionalmente se realizaron cálculos para el ferroceno a modo comparativo. La comparación teoría-experimentales, muestra que la metodología empleada proporciona valores comparables, mostrando una correspondencia de 93 % para α_{ave} , y un 87 % para γ_{ave} . Con respecto a las propiedades ópticas, se observa que el complejo de difosfaferroceno es mayormente polarizable que el ferroceno. Sin embargo, las mayores contribuciones se observan en las propiedades NLO, donde para β la respuesta calculada para el complejo difosfaferroceno es 72 ua, a diferencia de ferroceno el cual no presenta respuesta por ser una molécula centro simétrica. En γ_{ave} , la respuesta es casi dos veces superior. Estos resultados permiten inferir que la interacción de anillos fosfolil con el átomo de Fe origina una mayor perturbación o deslocalización de la densidad electrónica de la molécula, promoviendo así elevadas respuestas ópticas cuando se aplican campos eléctricos, catalogándolo como un candidato potencial para el diseño de nuevos materiales NLO.

Palabras clave: NLO, difosfaferroceno, óptica, DFT, (hiper)polarizabilidades.

NONLINEAR OPTICAL PROPERTIES OF DIPHOSPHAFERROCENE. A THEORETICAL STUDY

ABSTRACT

Non linear optics (NLO) has been developed in recent years as an important field of research due to its applicability in photoelectronics and photonic technology. In recent decades organometallic complexes have become a class of molecules of great interest in NLO. These complexes combine the advantages of organic



molecules with the ones offered by inorganic salts. In this work, a computational quantum mechanics study of the electronic contribution in gas phase of the optical properties of diphosphaferrocene at a static level was carried out, using the CAM-B3LYP DFT Method and the 6-31+G(d,p) basic set, together with the finite field methodology based on Kurtz equations. Additionally, the ferrocene molecule was studied for comparison purposes. The theory-experimental comparison shows that the methodology used provides comparable values, showing a 93% correspondence for α_{ave} , and 87% for γ_{ave} . With respect to the optical properties, it is observed that the diphosphaferrocene complex is mostly more polarizable than ferrocene. However, the greatest contributions are observed in the NLO properties, where for β , the calculated response for the diphosphaferrocene complex is 72 ua, different from, which does not respond because it is a symmetric center molecule. In γ_{ave} , the answer is almost double. These results allow us to infer that the interaction of phospholyl rings with the Fe atom causes a greater perturbation or delocalization of the electronic density of the molecule, promoting high optical responses when an electric field is applied, cataloging it as a potential candidate for the design of new NLO materials.

Key words: NLO, diphosphaferrocene, optics, DFT, (hyper) polarizabilities.

PROPIEDADES ÓPTICAS NÃO LINEARES DO DIFFOSFAFERROCENO. UM ESTUDO TEÓRICO

RESUMO

A óptica não linear (NLO, por sua sigla em inglês: No Linear Optics) tem sido desenvolvida nos últimos anos como um importante campo de pesquisa devido à sua aplicabilidade na tecnologia fotoeletrônica e fotônica. Nas últimas décadas, os complexos organometálicos tornaram-se uma classe de moléculas de grande interesse no NLO. Estes complexos combinam as vantagens das moléculas orgânicas com as oferecidas pelos sais inorgânicos. Neste trabalho, foi realizado um estudo mecânico-quântico computacional da contribuição eletrônica da fase gasosa das propriedades ópticas do difosfaferroceno em nível estático, utilizando o método DFT CAM-B3LYP e o conjunto base 6-31 + G (d, p). em conjunto com a metodologia de campo finito baseadas nas equações de Kurtz. Além disso, cálculos foram feitos para ferroceno de forma comparativa. A comparação teoria-experimental mostra que a metodologia utilizada fornece valores comparáveis, mostrando uma correspondência de 93% para α_{ave} e 87% para γ_{ave} . Com relação às propriedades ópticas, observa-se que o complexo difosfaferroceno é majoritariamente polarizável que o ferroceno. No entanto, as maiores contribuições são observadas nas propriedades NLO, onde para β a resposta calculada para o complexo difosfaferroceno é de 72 ua, ao contrário do ferroceno, que não tem resposta porque é uma molécula central simétrica. Em γ_{ave} , a resposta é quase o dobro. Esses resultados nos permitem inferir que a interação dos anéis fosfolílicos com o átomo de Fe provoca uma maior perturbação ou deslocalização da densidade eletrônica da molécula, promovendo assim, respostas ópticas elevadas na aplicação de campos elétricos, catalogando-a como potencial candidato ao projeto de novas Materiais NLO.

Palavras-chave: NLO, difosfaferroceno, ótica, DFT, (hiper) polarizabilidades.

1. INTRODUCCIÓN

La óptica no lineal (NLO, por sus siglas en inglés de: *No Linear Optics*) se ha desarrollado en los últimos años como un importante campo de investigación debido a su aplicabilidad en el área de fotoelectrónica y en su futuro inmediato en la tecnología fotónica (Saleh & Teich, 2013). Los materiales con propiedades NLO pueden ser empleados para la manipulación de señales ópticas en telecomunicaciones, además de otras importantes aplicaciones, como los son computación óptica, litografía láser, procesado de imagen, láseres como instrumento de microcirugía ultraprecisa y radiografías con luz láser visible (menos peligrosa que los rayos-

X), sensores ópticos en nanotecnología, biotecnología y ambiente, e incluso en terapia fotodinámica para el tratamiento de enfermedades (Chen *et al.*, 2003; Boyd, 2008; Shen, 2008).

A su vez, el desarrollo de programas computacionales mecano-cuántico (Brédas *et al.*, 1994; Shelton, 1994) para la determinación de propiedades moleculares ha contribuido significativamente para que la química computacional se convierta en una herramienta de uso fundamental para el modelaje y entendimiento de las propiedades químicas y ópticas de una gran variedad de sistemas electrónicos. La comprensión de estos aspectos conduce a aportes significativos en química-óptica, determinando así las condiciones óptimas para el diseño de nuevos materiales con altas respuestas NLO. Esta información sería de gran valor para el químico experimental, traduciéndose en reducción de coste, tiempo e impacto para el medio ambiente.

En las últimas décadas los complejos organometálicos se han convertido en una clase de moléculas de gran interés en NLO. Estos complejos combinan las ventajas de las moléculas orgánicas con las ofrecidas por las sales inorgánicas, proporcionando además un conjunto de nuevas características excepcionales, tales como, presencia de orbitales d altamente polarizables, diversidad de estados de oxidación y geometrías de coordinación, versatilidad de ligandos, bandas de transferencias de carga metal-ligando, estados excitados de bajas energías, entre otras (Kaur *et al.*, 2017).

El ferroceno es uno de los complejos organometálicos más estudiado en NLO, sus investigaciones se iniciaron finalizando la década de los 80 (Green *et al.*, 1987). Seguidamente, muchos investigadores enfocaron su atención al desarrollo de nuevos complejos organometálicos derivados del ferroceno (Durand; *et al.*, 2018; Jia *et al.*, 2014; Kaur *et al.*, 2017; Morrall *et al.*, 2007; Teimuri-Mofrad *et al.*, 2017; Thompson *et al.*, 2007; Valente *et al.*, 2013). Por otro lado, similar al ferroceno los complejos mono y difosfaferrocenos han recibido una atención particular durante los últimos años debido a la facilidad de introducir sustituyentes en la posición α al átomo de P, el cual genera variaciones importantes en la distribución y deslocalización de la densidad electrónica en el sistema molecular, (Li & Wu, 2008; Réau & Dyer, 2008) dichos aspectos pueden ser aprovechados para el diseño de nuevos materiales basados en difosfaferroceno con elevadas respuestas NLO.

En virtud de lo anteriormente expuesto, en este trabajo se realizó un estudio mecano-cuántico computacional de la contribución electrónica en fase gas de las propiedades NLO del

difosferroceno a nivel estático, empleando la teoría funcional de la densidad (DFT, por sus siglas en inglés de *Density Functional Theory*)

2. TEORÍA ÓPTICA

La aplicación de un campo eléctrico F a una molécula origina un momento dipolar inducido $\mu_i(F)$, el cual puede ser expresado en una serie de Taylor (Kurtz, Stewart, & Dieter, 1990)

$$\mu_i(F) = \mu_0 + \alpha_{ij} F_j + \frac{1}{2!} \beta_{ijk} F_j F_k + \frac{1}{3!} \gamma_{ijkl} F_j F_k F_l \dots \quad (1)$$

El primer término, μ_0 es el momento dipolar de la molécula en ausencia del campo eléctrico. El segundo término es la polarizabilidad lineal. El tercer y cuarto término corresponde a las propiedades NLO, primera y segunda hiperpolarizabilidad β_{ijk} y γ_{ijkl} , respectivamente. Los subíndices i, j, k y l , representan el sistema de coordenadas cartesianas de la molécula.

Las cantidades experimentales de interés relacionadas con las propiedades ópticas de un material vienen dadas por las siguientes ecuaciones:

$$\alpha_{ave} = \frac{1}{3}(\alpha_{xx} + \alpha_{yy} + \alpha_{zz}) \quad (2)$$

$$\beta_{HRS}^2 = \beta_{ZZZ}^2 + \beta_{XZZ}^2 \quad (3)$$

$$\gamma_{ave} = \frac{1}{5}[\gamma_{xxxx} + \gamma_{yyyy} + \gamma_{zzzz} + 2(\gamma_{xxyy} + \gamma_{xxzz} + \gamma_{yyzz})] \quad (4)$$

3. DETALLES COMPUTACIONALES

Todas las optimizaciones fueron realizadas con el método CAM-B3LYP (Yanai, Tew, & Handy, 2004) y el conjunto base 6-31+G(d,p) (Frisch, Pople, & Binkley, 1984), considerándose los diferentes conformeros del difosferroceno. Además, se realizaron cálculos de frecuencia para descartar que dichas moléculas no fueran estados de transición. Para la determinación de las propiedades ópticas se utilizó el mismo nivel de teoría, y la metodología de campo finito basadas en las ecuaciones de Kurtz (Kurtz et al., 1990) aplicando una intensidad de campo eléctrico de 0,005 ua. Adicionalmente, se incluyeron

cálculos para la molécula de ferroceno a modo comparativo. Todos los cálculos fueron realizados en el programa computacional G09 (Gaussian, 2009).

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Estabilidad conformacional de los complejos de difosfaferroceno

La **Figura 1** muestra tres posibles conformaciones de difosfaferroceno, simetrías C_{2v} , (a), C_1 (b), y C_{2h} (c), con un orden de estabilidad $C_1 > C_{2v} > C_{2h}$, y barreras de rotación energéticas muy bajas que indican la existencia de un equilibrio conformacional entre sí. Sin embargo, el análisis de frecuencia vibracional muestra un valor negativo para los isómeros difosfaferrocenos C_{2h} , al igual que el ferroceno D_{5d} , los cuales corresponden a un estado de transición. Para los complejos de ferroceno, se conocen dos conformaciones, una con simetría D_{5h} (d) y otra D_{5d} (e), siendo ligeramente más estable aquella que presenta los anillos eclipsados. No obstante, la barrera de rotación también es baja tal como ha sido reportada experimentalmente ($0,9 \pm 0,3$ kcal/mol) (Haaland & Nilsson, 1968).

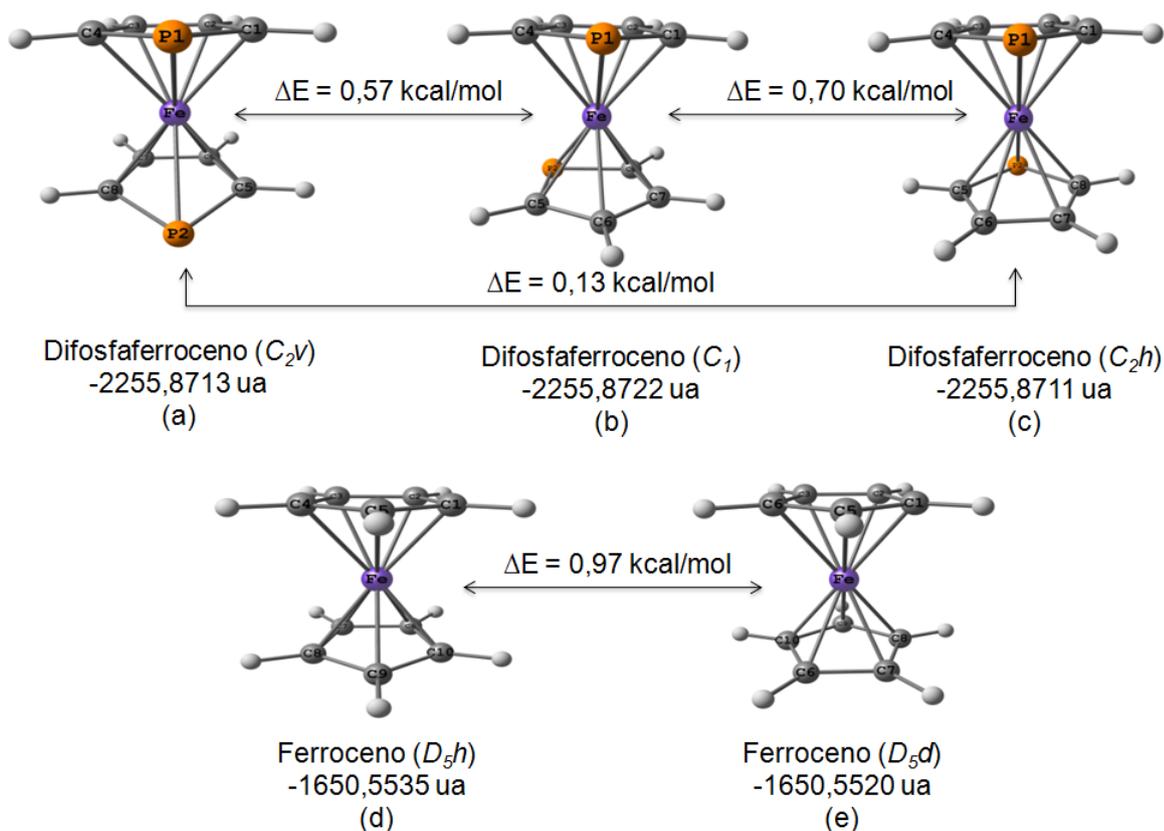


Figura 1. Energía total (ua) y ΔE (kcal/mol) calculada para los diferentes conformeros de difosfaferroceno y ferroceno. (Fuente: propia)

4.2. Parámetros geométricos de los complejos fosfaferrocenos y ferroceno

La **Tabla 1** señala los parámetros geométricos para los conformeros del difosfaferroceno señalados en la Figura 1, además de los parámetros teóricos calculados del ferroceno. En general los resultados calculados para las diferentes conformaciones de difosfaferroceno y ferroceno no muestran variaciones estructurales importantes entre sí, y éstos son concordantes con los valores experimentales (Haaland & Nilsson, 1968; Herber et al., 2004), sin embargo las mayores diferencias teoría-experimento se presentan para las distancias: Fe—C y Fe—P, las cuales pudieran ser atribuidas a que los valores calculados se realizaron en fase gas, no considerando las interacciones entre moléculas que ocurren en estado sólido.

Tabla 1. Parámetros geométricos optimizados para los complejos de difosfaferroceno y ferroceno. (Distancias en Å y ángulos en °)

Parámetros Geométricos	Difosfaferroceno (C_{2v})	Difosfaferroceno (C_{2h})	Difosfaferroceno (C_1)	Vexp (Herber et al., 2004)*	Ferroceno (D_{5h})	Ferroceno (D_{5d})	Vexp (Haaland & Nilsson, 1968)
P1C1	1,800	1,800	1,802	1,779			
C1C2	1,425	1,423	1,425	1,424	1,437	1,436	1,440 ± 0,002
C2C3	1,434	1,435	1,433	1,436			
FeP1	2,378	2,377	2,374	2,291			
FeC1	2,141	2,145	2,138	2,099	2,109	2,112	2,064 ± 0,003
FeC2	2,113	2,114	2,114	2,067			
P1C1C2	113,6	113,6	113,5	112,6			
C1C2C3	112,1	112,0	112,2	112,5			
C4P1C1	88,4	88,4	88,4	89,7			

*Valor experimental reportado para el difosfaferroceno metilado

4.3. Propiedades ópticas

La **Tabla 2** muestra las propiedades ópticas calculadas para los complejos difosfaferroceno (C_1) y ferroceno (D_{5h}). La selección de las moléculas con simetría D_{5h} y C_1 obedece a que estos conformeros son los más estables. Adicionalmente se presentan los valores experimentales reportados para el ferroceno.

Tabla 2. Propiedades ópticas en ua de los complejos difosfaferroceno y ferroceno.

Molécula	α_{ave}	β_{HRS}	γ_{ave}
Difosfaferroceno (C_1)	145	72	43262
Ferroceno D_{5h}	119 128 ^a	0	27957 31966 ± 3574 ^b

^aValor experimental obtenido en THF a 589 nm.(Ghosal et al., 1990) ^bValor experimental obtenido en THF a 602 nm por mezcla de cuatro ondas degeneradas (DFWM, siglas en inglés de: *Degenerate Four-Wave Mixing*).(Ghosal et al., 1990)

La comparación teoría-experimentales, muestra que la metodología empleada proporciona valores comparables, mostrando una correspondencia de 93 % para α_{ave} , y un 87 % para

γ_{ave} . Cabe destacar que para una comparación más directa, es necesario considerar la contribución de los efectos del solvente y la frecuencia de campo eléctrico los cuales no son objetivos de este estudio.

Con respecto a las propiedades ópticas, se observa que el complejo de difosfaferroceno es mayormente (hiper)polarizable que el ferroceno, para la polarizabilidad lineal, la presencia de dos átomos de P presenta un incremento de 22 %. Sin embargo, las mayores contribuciones se observan en las propiedades NLO, donde para β la respuesta calculada para el complejo difosfaferroceno es $72\mu a$, a diferencia de ferroceno el cual no presenta respuesta por ser una molécula centro simétrica. En γ_{ave} , la respuesta es casi dos veces superior. Estos resultados permiten inferir que la interacción de anillos fosfolil con el átomo de Fe origina una mayor perturbación o deslocalización de la densidad electrónica de la molécula, promoviendo así elevadas respuestas ópticas cuando se aplican campos eléctricos. Así mismo, se ha reportado que la presencia de fosfaferrocenos en sistemas moleculares conduce a energías de excitación más bajas, lo cual promueve una mayor transferencia de carga en la molécula (Li & Wu, 2008).

5. CONCLUSIONES

Se determinó que el complejo difosfaferroceno resultó ser más (hiper)polarizable que su homólogo ferroceno, en tal sentido, los derivados de fosfaferrocenos pudieran ser candidatos potenciales para el diseño y síntesis de nuevos materiales con aplicaciones NLO, por lo que se recomienda la evaluación de las propiedades NLO de derivados de difosfaferroceno y las contribuciones de los efectos del solvente y dispersión de la frecuencia del campo eléctrico aplicado.

6. REFERENCIAS

- Chen B., Pogue B., Goodwin I., O'Hara J., Wilmot C., Hutchin J., Hoopes P., Hasan T. (2003). Blood flow dynamics after photodynamic therapy with verteporfin in the RIF-1 tumor. *radiation research*, 160(4), 452-459.
- Boyd R. (3rd Ed ed.). (2008). *Nonlinear Optics*. San Diego, USA: Elsevier.
- Brédas J., Adant C., Tackx P., Persoons A., Pierce B. (1994). Third-order nonlinear optical response in organic materials: theoretical and experimental aspects. *Chemical Reviews*, 94(1), 243-278.
- Frisch M., Pople J., Binkley J. (1984). Self-consistent molecular orbital methods. supplementary functions for gaussian basis sets. *The Journal of Chemical Physics*, 80(7), 3265-3269.
- Gaussian 2009, Revision A.01.

- Ghosal S., Samoc M., Prasad P., Tufariello J. (1990). Optical nonlinearities of organometallic structures: aryl and vinyl derivatives of ferrocene. *The Journal of Physical Chemistry*, 94(7), 2847-2851.
- Green M., Marder S., Thompson M., Bandy J., Bloor D., Kolinsky P., Jones J. (1987). Synthesis and structure of (cis)-[1-ferrocenyl-2-(4-nitrophenyl)ethylene], an organotransition metal compound with a large second-order optical nonlinearity. *Nature*, 330(6146), 360-362.
- Haaland A., Nilsson J. (1968). The determination of barriers to internal rotation by means of electron diffraction. Ferrocene and ruthenocene. *Acta Chemica Scandinavica*, 22, 2653-2670.
- Herber R., Nowik I., Loginov D., Starikova Z., Kudinov A. (2004). Bonding, metal-atom dynamics and hyperfine interactions of η -phospholyl- and η -pentaphospholyliron complexes. *European Journal of Inorganic Chemistry*, 2004(17), 3476-3483.
- Durand R., Achelle S., Gauthier S., Cabon N., Ducamp M., Kahlal S., Saillard J., Barsella A., Le-Cuen F. (2018). Incorporation of a ferrocene unit in the π -conjugated structure of donor-linker-acceptor (D- π -A) chromophores for nonlinear optics (NLO). *Dyes and Pigments*, 155, 68 - 74.
- Jia J., Cui Y., Han L., Sheng W., Li Y., Gao J. (2014). Syntheses, third-order optical nonlinearity and DFT studies on benzoylferrocene derivatives. *Dyes and Pigments*, 104, 137-145.
- Kaur S., Kaur M., Kaur P., Clays K., Singh K. (2017). Ferrocene chromophores continue to inspire. Fine-tuning and switching of the second-order nonlinear optical response. *Coordination Chemistry Reviews*, 343, 185 - 219.
- Kurtz H., Stewart J., Dieter K. (1990). Calculation of the nonlinear optical properties of molecules. *Journal of Computational Chemistry*, 11(1), 82-87.
- Li F., Wu K. (2008). TDDFT study of the nonlinear optical properties of the rich d-electron molecular system – iridium/rhodium cluster: the effect of phosphoferrocene. *Molecular Physics*, 106(15), 1853–1866.
- Morrall J., Dalton G., Humphrey M., Samoc M. (2007). Organotransition metal complexes for nonlinear optics. *Advances in Organometallic Chemistry*, 55, 61-136.
- Réau R., Dyer P. (2008). Phospholes. *Comprehensive heterocyclic chemistry III*. Oxford, London: Elsevier, 3, 1029-1147.
- Saleh. B, Teich M. (2nd Ed.). 2007. *Fundamentals of photonic. photon optic*. New York, USA: John Wiley & Sons.
- Shelton D. (1994). Measurements and calculations of the hyperpolarizabilities of atoms and small molecules in the gas phase. *Chemical Reviews*, 94(1), 3-29.
- Teimuri-Mofrad R., Rahimpour K., Ghadari R., Ahmadi-Kandjani S. (2017). Ferrocene based nonlinear optical chromophores: synthesis, characterization and study of optical properties. *Journal of Molecular Liquids*, 244, 322-329.
- Thompson, M. E., Djurovich, P. E., Barlow, S., Marder, S., Editors-in-Chief: Robert, H. C., & Mingos, D. M. P. (2007). *Organometallic complexes for optoelectronic applications*. *Comprehensive Organometallic Chemistry III*. Oxford, London: Elsevier.
- Valente A, Royer S., Narendra M., Silva T., Mendes P., Robalo M., Abreu M., Heck J., García H. (2013). Synthesis of new Fe(II) and Ru(II) η^5 -monocyclopentadienyl compounds showing significant second order NLO properties. *Journal of Organometallic Chemistry*, 736, 42-49.
- Yanai T., Tew D., Handy N. (2004). A new hybrid exchange–correlation functional using the Coulomb-attenuating method (CAM-B3LYP). *Chemical Physics Letters*, 393, 51-57.

OPTIMIZACIÓN DE LAS CONDICIONES DE EXTRACCIÓN DE COMPUESTOS FENÓLICOS EN EL EXTRACTO DE ORUJO DE UVA VARIEDAD MALVASÍA

MSc. Laura Soto^{1*}, Dra. María Berradre¹, Dr. José Ortega², Dr. Jorge Ortega³, MSc. Betzabé Sulbarán¹, MSc. Graciela Ojeda de Rodríguez¹

¹Laboratorio de Alimentos. Facultad Experimental de Ciencias. Universidad del Zulia (LUZ), Venezuela.

²Laboratorio de Productos Naturales. Facultad Experimental de Ciencias. Universidad del Zulia (LUZ), Venezuela.

³Departamento de Estadística. Facultad de Agronomía. Universidad del Zulia (LUZ), Venezuela.

*Autor para la correspondencia. E-mail: laurarsotoa@gmail.com

Recibido: 3-6-2018 / Aceptado: 13-11-2018

RESUMEN

El orujo presenta en su composición altos niveles de compuestos fenólicos con propiedades antioxidantes interesantes para su utilización en alimentos y/o en diferentes sistemas biológicos. Se optimizaron las condiciones para la extracción de compuestos fenólicos empleando método de superficie de respuesta (MSR) en orujo de uvas variedad Malvasía, en el estado Zulia, Venezuela. El contenido de compuestos fenólicos totales se cuantificó por el método de Folin Ciocalteu y la actividad antioxidante del extracto por el método ABTS. Se estudiaron los efectos de la concentración del solvente y la temperatura de extracción en la evaluación del contenido de compuestos fenólicos. Las condiciones más adecuadas resultantes por el MSR para el orujo de uvas proveniente de la variedad Malvasía fue a 92,09% de etanol y 65°C. El análisis químico del extracto optimizado reportó una actividad antioxidante de $21,08 \pm 2,69$ mmol TEAC.100g⁻¹.

Palabras clave: *Vitis Vinifera*, compuestos fenólicos, extracción, optimización, antioxidante.

OPTIMIZATION OF PHENOLIC COMPOUNDS IN GRAPE EXTRACT MALVASIA VARIETY

ABSTRACT

The pomace presents high levels of phenolic compounds with interesting antioxidant properties for use in food and / or in different biological systems in its composition. The conditions for the extraction of phenolic compounds were optimized using the response surface method (MSR) in grape marc Malvasia variety, in Zulia state, Venezuela. The content of total phenolic compounds was quantified by the Folin Ciocalteu Method and the antioxidant activity of the extracts by the ABTS method. The effects of the concentration of the solvent and the temperature of extraction in the evaluation of the content of phenolic compounds were studied. The most suitable conditions resulting from the MSR for the grape marc coming from the Malvasia variety was 92.5% Ethanol and 65 °C. The chemical analysis of the optimized extract reported an antioxidant activity of 21.08 ± 2.69 mmol TEAC.100g⁻¹.

Key words: *Vitis Vinifera*, phenolic compounds, extraction, optimization, antioxidant.



OTIMIZAÇÃO DAS CONDIÇÕES DE EXTRACÇÃO DE COMPOSTOS FENÓLICOS NO EXTRATO DE BAGAÇO DE UVA VARIEDADE MALVASÍA

RESUMO

O bagaço apresenta em sua composição altos níveis de compostos fenólicos com interessantes propriedades antioxidantes para uso em alimentos e / ou em diferentes sistemas biológicos. As condições para a extração de compostos fenólicos foram otimizadas utilizando o método da superfície de resposta (MSR) no bagaço de uva variedade Malvasia, no estado de Zulia, Venezuela. O teor de compostos fenólicos totais foi quantificado pelo método de Folin Ciocalteu e a atividade antioxidante do extrato pelo método ABTS. Os efeitos da concentração do solvente e da temperatura de extração na avaliação do teor de compostos fenólicos foram estudados. As condições mais adequadas resultantes do MSR para o bagaço de uva proveniente da variedade Malvasia foram 92,09% de etanol e 65 ° C. A análise química do extrato otimizado relatou atividade antioxidante de $21,08 \pm 2,69$ mmol TEAC.100g⁻¹.

Palavras-chave: *Vitis Vinifera*, compostos fenólicos, extração, otimização, antioxidante.

1. INTRODUCCIÓN

La uva es uno de los frutos con mayor producción mundial, se genera alrededor de 69 millones de toneladas anuales y cerca del 80% de ésta producción es destinado a subproductos como vinos, sangrías, jugos de uva entre otros. Sin embargo, a nivel industrial en la producción de vinos se genera millones de toneladas de residuo después de la maceración, conocido como orujo de uva (Fontana, Antonioli & Bottini, 2013). Los principales residuos son, por orden de importancia, residuos orgánicos (bagazos, semillas, pulpa, pieles, raspones y hojas), aguas residuales, emisión de gases de efecto invernadero (CO₂, compuestos orgánicos volátiles) y residuos inorgánicos (tierras de diatomeas, perlita, arcillas, bentonita) (Teixeira *et al.*, 2014). Dentro de toda esta amplia posibilidad de residuos, es interesante desde un punto de vista de reutilización o valorización, el orujo ya que presenta en su composición altos niveles de compuestos fenólicos con propiedades antioxidantes interesantes para su utilización en alimentos y/o en diferentes sistemas biológicos. (Fontana *et al.*, 2013; Teixeira *et al.*, 2014). Los compuestos fenólicos o polifenoles son compuestos que se producen durante el metabolismo secundario y se acumulan en distintos órganos de la planta de vid. El término fenoles comprende aproximadamente 8000 compuestos que aparecen en la naturaleza. Todos ellos poseen una estructura común; un anillo fenol que lleva al menos un sustituyente hidroxilo. Basados en su esqueleto de carbono pueden ser clasificados en dos grupos: compuestos no-flavonoides (ácidos hidroxibenzóicos e hidroxicinámicos y estilbenos) y flavonoides (antocianinas, flavan-3-oles, y flavonoles), de los cuales los compuestos flavonoides son el grupo de interés en este estudio (Iacopini *et al.*,

2008; Katalinic *et al.*, 2010). Los flavonoides son los polifenoles que poseen al menos 2 subunidades fenólicas, mientras que los compuestos que tienen 3 o más subunidades fenólicas se denominan taninos (Hanrly *et al.*, 2006; Marcano & Hasewaga 2002). A través de procedimientos de extracción con solvente, de preferencia alcohólicos, es posible obtener estos compuestos para su cuantificación (Lafka *et al.*, 2007). Para evaluar la actividad antioxidante de éstos compuestos existen diversos métodos, los más aplicados para la determinación de actividad antioxidante son ABTS (Ácido 2,2'-azinobis (3-etilbenzotiazolín)-6-sulfónico) y DPPH (1,1-difenil-2-picrilhidrazilo). Con el ABTS se puede medir la actividad de compuestos de naturaleza hidrofílica y lipofílica con un amplio rango de pH, mientras que el DPPH solo puede disolverse en medio orgánico. El radical ABTS•+ tiene, además, la ventaja de que su espectro presenta máximos de absorbancia a 414, 654, 754 y 815 nm en medio alcohólico (Berradre *et al.*, 2014). La principal vía de aprovechamiento de los orujos de uva es la alimentación animal y como abono en viñedos, debido a su valor nutricional. No obstante, en la actualidad, sólo un 3 % de la producción se destina a alimentación animal. Por ello, han emergido en los últimos años nuevas vías de valorización de los orujos de uva, entre las que destacan la obtención de compuestos bioactivos, principalmente polifenoles extraídos a partir de las pieles y semillas de uva, para su posterior aplicación (Martínez *et al.*, 2015). En esta investigación se optimizaron las condiciones de extracción de compuestos fenólicos contenidos en el orujo de uva (*Vitis vinifera*) variedad Malvasía, el cual es un desecho generado por la industria vitivinícola.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Muestra

Se empleó el orujo de uva blanca variedad Malvasía (Hollejo, semillas, parte de raquis), generados durante la producción de vino. Se recolectaron de forma sistemática 10 Kg luego de la etapa de prensado. El orujo de uva fue proporcionado por la Granja: La Florida en febrero de 2017 (Cámara *et al.*, 2004).

Una vez recolectados 10 Kg del desecho luego de la producción del vino, se separó 1 Kg de orujo fresco para el desarrollo de los análisis proximales y 9 Kg de muestra de orujo secados y pulverizados para el resto de los análisis. Para el secado de la muestra se separaron por lotes de 3 Kg durante 7 días por exposición al sol. Posteriormente se realizó una molienda empleando un tamiz con apertura de partícula de 20 mesh (850 µm) almacenándose el polvo

en bolsas herméticas a temperatura ambiente y en un lugar seco hasta su posterior uso (Arvelález *et al.*, 2003).

2.2. Análisis proximal del orujo fresco

Se evaluaron las variables: humedad (método AOAC, 7.007), grasa cruda (método AOAC, 7.055), fibra cruda (método AOAC, 7.061), cenizas (método AOAC, 7.009) y proteínas (método Kjeldahl AOAC, 7.015); en el orujo fresco. Cada variable evaluada se realizó por quintuplicado

2.3. Obtención de los extractos

La extracción de los compuestos fenólicos derivados de la uva se realizó por medio de ultrasonido empleando como solvente etanol a diferentes concentraciones (100, 70 y 50%) a un tiempo de 40 min. La temperatura osciló entre 30, 40, 50 y 60°C. Se pesaron 0,5 g de muestra, se le agregaron 5 mL de solvente y se agitó (Vortex) por 2 minutos a una velocidad intermedia. Los experimentos se realizaron por quintuplicado en un equipo de ultrasonido (Elma, Potencia 35KHz). Posteriormente, las muestras se centrifugaron a 10000 rpm (11200 fuerza g) por 5 min y se evaporaron a 50 °C hasta sequedad. Una vez evaporado totalmente el solvente, se taparon. El extracto puro obtenido se mantuvo a - 4°C, en envases ámbar por un máximo de 48 h (Guntero *et al.*, 2014).

2.4. Determinación del contenido de fenoles totales

Para la determinación del contenido de fenoles totales se utilizó el método indicado por Amerine & Ought (1976) con algunas modificaciones. Se pesaron de 10 a 15 mg de los extractos secos y se disolvieron cada uno en 1 mL de etanol, sin realizar diluciones. La determinación se realizó empleando como solución patrón 1000 mg.L⁻¹ de ácido gálico (99%, Riedel de Häen) a partir de la cual se realizó la curva de calibrado en el intervalo de 100-1000 mg ácido gálico.L⁻¹. La preparación de las soluciones patrón se realizó agregando 1580 µL de agua en tubos de ensayo, 20 µL de solución patrón o muestra y posteriormente se adicionó 100 µL de reactivo Folin. Se mezclaron uniformemente y se esperó 1 minuto antes de adicionar a cada uno 300 µL de una solución al 20 % de carbonato de sodio Na₂CO₃ (J.T Baker); luego de esto, se dejaron reposar en la oscuridad, a 24 °C por dos horas para finalmente medir la absorbancia a 750 nm en un espectrómetro UV-visible con arreglo de diodo (Thermo Scientific, Genesys 10S Uv-visible). Los resultados se expresaron en mg.L⁻¹ de equivalentes de ácido gálico (GAE, por sus siglas en inglés: Galic Acid Equivalent).

2.5. Diseño del experimento

Un diseño central compuesto (DCC) se desarrolló para optimizar la extracción de compuestos fenólicos en orujo de uvas variedad Malvasía. El diseño fue implementado para evaluar el efecto de dos variables independientes: concentración de solvente etanol (%), (X_1) y temperatura de extracción ($^{\circ}\text{C}$), (X_2). La selección y rango de estos dos factores se basaron en resultados previos a esta investigación. Se codificó cada variable a tres niveles: -1, 0, 1. Un total de 13 análisis aleatorios fueron asignados a partir del diseño central compuesto de segundo orden, los puntos centrales fueron repetidos 5 veces (**Tabla 1 y 2**). La **Figura 1** muestra el diseño en dos variables X (modelo $2k$ con $k: 2$), número factorial: 8 (4 puntos axiales y 4 puntos estrellas) y cinco puntos centrales para un $\alpha: \sqrt{2}$ empleado para la optimización de las condiciones de extracción mediante MSR. Una vez obtenido el modelo de optimización se realizó su comprobación, para ello se emplearon dichas condiciones para realizar la extracción ($n: 5$) de compuestos fenólicos. Los valores experimentales fueron comparados con el valor predicho y el error asociado entre ambos fue estimado.

Tabla 1. Diseño central compuesto para un factorial completo con tres niveles para la variedad Malvasía

c	Factor	Niveles			Centrales	$\pm 2,5$	± 5
X_1	Concentración de solvente (%)	100	70	50	92,5	90	95
X_2	Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	40	50	60	60	65	55

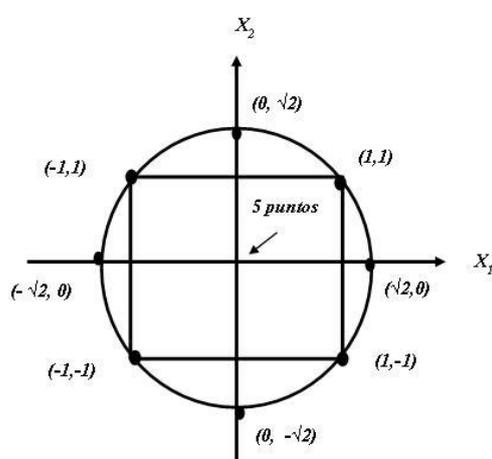


Figura 1. Diseño central compuesto en dos niveles empleado para la optimización de las condiciones de extracción en orujo de uvas variedad Malvasía mediante MSR.

Tabla 2. Diseño experimental para el proceso de extracción empleando DCC de dos niveles en orujo de uvas variedad Malvasía

Extracción	Bloque	X ₁	X ₂	Concentración del solvente (%)	Temperatura (°C)
1	1	-1	-1	90	60
2	1	1	-1	95	60
3	1	-1	1	90	70
4	1	1	1	95	70
5 ^a	2	α	0	94	65
6 ^a	2	-α	0	86	65
7 ^a	2	0	α	93	72
8 ^a	2	0	-α	93	58
9 ^b	3	0	0	92,5	65
10 ^b	3	0	0	92,5	65
11 ^b	3	0	0	92,5	65
12 ^b	3	0	0	92,5	65
13 ^b	3	0	0	92,5	65

^a Puntos estrellas ^b Puntos centrales. Distancia axial α: 1,414

La **Tabla 2**, presenta el arreglo experimental el cual contemplo los 13 tratamientos, los cuales se realizaron por quintuplicado, para un total 65 ensayos. El análisis de regresión y las superficies de respuesta (MSR) para identificar las condiciones que tenían efecto significativo en la extracción de compuestos fenólicos así como los análisis estadísticos se realizaron utilizando el paquete estadístico STATGRAPHICS Centurión XVI.II (StartPoint Technologies, Inc). Se empleó como único solvente etanol por ser considerado uno de los más seguros en fines alimentarios, cabe destacar que el agua, aunque es el solvente universal considerado como seguro para muchas extracciones, se ha reportado mejores rendimientos de extracción con mezclas de solventes (Guntero *et al.*, 2014; Fontana *et al.*, 2013; Berradre *et al.*, 2014), por lo que para esta investigación se empleó etanol con concentraciones diferentes.

El modelo de regresión se llevó a cabo mediante análisis de varianza y test F con nivel de confianza del 95% para determinar si la respuesta predicha es estadísticamente significativa. Los datos experimentales obtenidos siguiendo los procedimientos anteriores se ajustaron a una ecuación polinómica de segundo orden (**Ecuación 1**).

$$Y = \beta_0 + \sum_{i=1}^2 \beta_i x_i + \sum_{i=1}^2 \beta_{ii} x_i^2 + \sum_{i=1}^2 \sum_{j=i+1}^2 \beta_{ij} x_i x_j \quad (1)$$

Donde Y es la respuesta, contenido de compuestos fenólicos, X_i y X_j son las variables independientes (factores) del estudio, β₀ es el término de intersección, β_i, β_{ij} y β_{ii} son los coeficientes lineales, interactivos y cuadráticos, respectivamente.

La fase final del proceso de optimización es la validación de los resultados obtenidos, que consiste en la ejecución de los ensayos experimentales a las condiciones óptimas predichas, por la relación matemática obtenida a partir los datos experimentales y las superficies de respuesta. Una vez obtenidos los extractos a las condiciones óptimas, se calculó el error entre el valor predicho por el modelo y el valor obtenido experimentalmente para el contenido de compuestos fenólicos, utilizando la **Ecuación 2**.

$$\left| \text{Error (\%)} = \frac{\text{Valor predicho} - \text{Valor experimental}}{\text{Valor predicho}} \right| \times 100 \quad (2)$$

2.6. Determinación de la actividad antioxidante de los extractos obtenidos bajo condiciones óptimas de extracción

La actividad antioxidante total del extracto optimizado se evaluó por el método ABTS reportado por Riece-Evans *et al.*, (1994), como patrón de referencia se empleó TROLOX. La generación química del radical ABTS^{•+} se realizó a partir de la reacción de una solución de ABTS 7 mM con persulfato potásico 2,5 mM, ambos reactivos en una proporción de 1:1. Esta mezcla se dejó en reposo a temperatura ambiente (± 25 °C) durante un tiempo mínimo de 16 horas antes de comenzar las evaluaciones. Una vez formado el radical ABTS^{•+}, se diluye hasta alcanzar una absorbancia de 0,6- 0,7 a 750 nm (longitud de onda de máxima absorción), lo cual se logra mezclando aproximadamente 160 μ L de la solución de ABTS^{•+} y 3000 μ L de etanol puro (Vit *et al.*, 2008; Kuskoski *et al.*, 2005). El radical generado fue estable por un periodo máximo de 24 horas, luego de este tiempo la absorbancia decae progresivamente y el radical no puede ser empleado para el análisis. La evaluación de la actividad antioxidante total en las muestras se realiza de acuerdo a la metodología descrita por Vit *et al.* (2008). Al radical ABTS^{•+} generado se le determinó la absorbancia a 750nm (Abs cromóforo radical, $t_{0\text{min}}$), se añaden 40 μ L de la muestra de extracto y se mide nuevamente la absorbancia a 750 nm transcurridos 5 minutos (Abs. Cromóforo radical + antioxidante, $t_{5\text{min}}$).

La actividad antioxidante total (TAC) de la muestra se determinó de acuerdo a la **Ecuación 3**:

$$\text{TAC} = (\text{Abs. Cromóforo radical})_{t_{0\text{min}}} - (\text{Abs. Cromóforo radical} + \text{antioxidante})_{t_{5\text{min}}} \quad (3)$$

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Análisis proximal del orujo de uvas variedad Malvasía

En la **Tabla 3** se presentan los resultados del análisis proximal realizado al orujo de uvas fresco para la variedad estudiada. El orujo de uva presentó un contenido de humedad que no excede del 40% m.m⁻¹, encontrándose dentro del rango reportado por Hidalgo, (2002) (25%-45% m.m⁻¹) y al valor reportado por Berradre *et al.*, (2014), cuyo valor es de 38,08% m.m⁻¹, indicando que el orujo fresco proveniente de la cosecha directa generalmente contiene contenidos de humedad alto, lo cual coincide con este estudio, sin embargo, algunos autores reportan un contenido en humedad para el orujo de uva entre el 50 y 72% m.m⁻¹ dependiendo de la variedad de uva y del estado de madurez en el momento de su cosecha (Teixeira *et al.*, 2014).

El contenido de fibra cruda (18,36% m.m⁻¹) es inferior al reportado por Hidalgo, (2002) debido a que en el fruto completo no debe exceder al 1% m.m⁻¹, sin embargo, es similar al indicado por Berradre *et al.*, (2014) para la variedad Tempranillo, en la que se obtuvo 25,73% m.m⁻¹. Los valores reportados dependiendo del material vegetal o del contenido de celulosa en el alimento comprenden entre un 5 y 20% m.m⁻¹. En general, los constituyentes mayoritarios en este tipo de residuo, son sustancias pécticas con una concentración que oscila entre el 37 y 54 %, seguidos de celulosa con concentraciones que van desde el 27 % hasta el 37 % (Teixeira *et al.*, 2014). En cuanto al contenido de grasa cruda (**Tabla 4**), los resultados obtenidos para la variedad Malvasía se encuentra dentro del rango reportado por Maier *et al.*, (2009) para uva *Vitis vinifera* L. que va desde el 7% m.m⁻¹ hasta el 16% m.m⁻¹. De igual forma, el contenido de grasa es inferior al reportado por Tseng & Zhao, (2013), donde reportan valores de 11,09% para orujo de uvas *Vitis vinifera* L. cv. Pinot Noir. Esta diferencia entre los contenidos de grasa cruda puede atribuirse a la diferencia en el tamaño de las vacuolas que contienen la grasa en cada una de las variedades de uva, así como a factores agronómicos tales como la región de cultivo, las prácticas de fertilización, el riego, los ciclos de poda, estado fisiológico del fruto, entre otros cuidados (Maier *et al.*, 2009).

El contenido de cenizas o sustancias minerales presentes indicadas en la **Tabla 3** se encuentran por debajo de lo reportado por Deng *et al.*, (2011) (2,53 m.m⁻¹) y por Hidalgo, (2002) entre el 2 y el 4% m.m⁻¹, debido a que depende del contenido mineral de los suelos y del metabolismo de la vid, por ende, si el suelo es pobre en minerales esto se ve reflejado en el orujo. De igual forma, el contenido en cenizas del orujo estudiado se compara con los datos

obtenidos en el análisis elaborado por Frago, (2016), para este mismo subproducto en el cual se determina que éste es del 6,51%, siendo superior al obtenido en el presente estudio.

Tabla 3. Composición fisicoquímica del orujo de uvas (*Vitis vinifera*) de las variedades Malvasía

Componente	Variedad Malvasía (% m.m ⁻¹)
Humedad	38,23 ± 0,89
Fibra cruda	18,36 ± 0,71
Grasa cruda	7,16 ± 0,12
Cenizas	1,92 ± 0,11
Proteínas	10,75 ± 0,08
Carbohidratos	34,33 ± 0,01

* El valor es el promedio de cinco observaciones independientes.

El contenido de proteínas obtenido, duplica el valor reportado (5,57 % m.m⁻¹) por Berradre *et al*, (2014) y es similar a los valores reportados (10,38% m.m⁻¹) por Tseng & Zhao, (2013) y Deng *et al*, (2011) cuyos valores oscilan entre 5,38 hasta 12,34% m.m⁻¹ para cinco variedades de uva, lo que permite inferir que este subproducto pueda ser empleado para fines alimentarios. Las proteínas están presentes en toda la pared celular en un 10% o más, el contenido de éstas puede variar en relación al estado de madurez del fruto, así como de los polisacáridos depositados en ella. Las proteínas de la pared celular poseen un papel estructural importante y son en algunos tejidos característicamente ricas en hidroxiprolina, la mayoría de las veces están unidas a glicosacáridos en las cadenas laterales como las glicoproteínas, algunos autores mencionan que la proteína de la pared celular forma parte del complejo de la fibra dietaria, lo que hace muy importante su detección para fines alimentarios (Frago, 2016).

3.2. Optimización de las condiciones de extracción de compuestos fenólicos empleando el método de superficie de respuesta (MSR) en orujo de uvas variedad Malvasía

Para optimizar las condiciones de extracción, se define el espacio de exploración, para ello se fijaron dos variables, concentración de solvente y temperatura de extracción. La cuantificación promedio del contenido de compuestos fenólicos totales en el extracto obtenido se presenta en la **Tabla 4**, donde se aprecia que el mayor contenido de compuestos fenólicos

para la variedad Malvasía se obtiene a concentraciones del solvente de 70 y 100% con temperaturas a 50 y 60°C.

Tabla 4. Contenido promedio de compuestos fenólicos totales de los extractos de orujo de uvas

Concentración de Etanol (%)	Temperatura (° C)	Malvasía
		mg GAE/g ± DE
100	30	2,63 ± 0,12
	40	1,49 ± 0,58
	50	14,22 ± 0,40
	60	13,43 ± 0,65
70	30	8,21 ± 0,56
	40	7,76 ± 0,99
	50	16,07 ± 0,94
	60	18,12 ± 0,64
50	30	2,61 ± 0,27
	40	6,76 ± 0,41
	50	12,9 ± 1,20
	60	14,03 ± 1,55

Estos resultados coinciden con lo reportado en estudios anteriores en orujo y semilla de uvas (Guntero *et al*, 2014; Fontana *et. al*, 2013; Berradre *et. al*, 2014). Cabe destacar que, aunque se ha reportado rendimientos de extracción aceptables con el empleo de otros solventes como etanol acidificado con HCl, acetona y propanol, su toxicidad puede limitar su aplicabilidad con fines alimentarios, por esta razón este estudio se seleccionó como solvente etanol, variando la concentración del mismo debido a que resulta ser el más adecuado para su aplicación como aditivo en alimentos.

El análisis de varianza de los resultados obtenidos con el diseño experimental se presenta en la **Tabla 5**. Los resultados indicaron que el efecto de la temperatura de extracción fue estadísticamente significativo ($p < 0,05$) en la extracción de compuestos fenólicos en orujo de uva, la fuente tiempo se mantuvo constante a 40 min en las condiciones evaluadas sobre la variable respuesta, mientras que la concentración del solvente resultó ser no significativa.

El diseño de tratamientos, definido a un punto central codificado a tres niveles -1, 0, +1 se presenta en la **Tabla 6**, indicando la necesidad de optimizar las condiciones de extracción para el orujo de uvas ensayado, mediante un diseño central compuesto, el cual permite la obtención de un punto máximo u óptimo en función de la variable de respuesta.

Tabla 5. Análisis de varianza para la identificación de variables que afectan el proceso de extracción de compuestos fenólicos de orujo de uvas

Fuentes de variación	Contenido de compuestos fenólicos			
	Suma de Cuadrados	Cuadrado medio	Fc	Prob>F
A: %concentración de etanol	-0,562816	0,543581	-1,04	0,3069
B: Temperatura de extracción	45,145917	1,907386	23,67	<,0001
AA	-0,000731	0,003129	-0,23	0,8165
AB	0,013663	0,005241	2,61	0,0129
BB	-0,437334	0,018652	-23,45	<,0001

Nota: Se resaltan en negrita los efectos, con valor-P menor que 0,05, que son significativos.

Tabla 6. Definición de punto central codificado a tres niveles para el orujo de uva Malvasía.

Variables Naturales	Variables codificadas		
	-1	0	1
ξ_1 : Concentración	90	92,5	95
ξ_2 : Temperatura	60	65	70

En la **Tabla 7** se muestran los datos de las variables naturales (ϵ_1 , ϵ_2), variables codificadas (X_1 , X_2) y la variable respuesta (Y), empleadas como diseño propuesto. Para la variable respuesta los valores obtenidos en este diseño estuvieron en el rango de 6,26 a 16,94 mg GAE.g⁻¹ extracto, el mayor rendimiento de compuestos fenólicos fue de 16,94 mg GAE.g⁻¹ extracto y se determinó empleando 92,5 % de concentración de etanol a 65° C por 40 min.

El análisis de varianza del modelo propuesto para la optimización se muestra en la **Tabla 8**, donde se puede observar que la curvatura fue significativa, lo cual indica que es necesario analizar los tratamientos para completar un diseño central compuesto, que estarán entre 88,96% a 65 °C y 92,5 % con un máximo de 72°C, definiendo las aristas entre estos puntos.

Tabla 7. Datos del diseño central compuesto para ajustar el modelo de optimización por MSR para el orujo de uva variedad malvasía

% concentración de etanol (ϵ_1)	Temperatura de extracción (ϵ_2)	X_1	X_2	mg GAE.g ⁻¹ extracto
90	60	-1	-1	7,46
95	60	1	-1	6,26
90	70	-1	1	7,65
95	70	1	1	8,89
94	65	A	0	12,03
86	65	$-\alpha$	0	13,88
93	72	0	α	9,26
93	58	0	$-\alpha$	6,68
92,5	65	0	0	15,89
92,5	65	0	0	16,94
92,5	65	0	0	15,26
92,5	65	0	0	12,95
92,5	65	0	0	16,91

Tabla 8. Análisis de varianza del modelo propuesto para ajustar el modelo de optimización por MSR para el orujo de uva variedad Malvasía.

Fuente de Variación	Grados de libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado medio	Fc	Prob>F
A: % Etanol	1	1048,468	1048,468	3,89903	0,119538787
B: Temp (°C)	1	213,093	213,093	0,79245	0,423664833
AB	1	284,572	284,572	1,05826	0,36174793
Curvatura	1	18026,930	18026,930	67,03825	0,001212009
Error Puro	4	1075,621	268,905	-	-
Error Total	8	20648,683	-	-	-

Nota: Se resaltan en negrita los efectos, con valor-P menor que 0,05, que son significativos.

Se calculó un paso de 1 de medición posible para la concentración del solvente para la temperatura de extracción, como se puede observar en la **Tabla 9**, donde se determinó el contenido de compuestos fenólicos totales de 15,89 mg GAE.g⁻¹ de extracto para 95% de etanol y 62,7° C (punto base + Δ); estos resultados permitieron estimar la zona de estudio más indicada con el fin de encontrar los valores óptimos. A partir del análisis de regresión múltiple se obtuvo un polinomio de segundo orden ajustado para el modelo propuesto, de acuerdo a la siguiente **Ecuación 4**:

$$Y: -39957+649,87X_1+314,54X_2-3,53X_1^2+0,009X_1X_2-2,437X_1^2 \quad (4)$$

En la **ecuación 4** se muestra el modelo ajustado, de segundo orden para la variable compuestos fenólicos (mg GAE.g⁻¹ extracto) que representa un valor máximo y para fines

prácticos puede predecir el contenido de compuestos fenólicos que debe obtenerse al variar tanto la concentración del solvente como la temperatura de extracción para el orujo de uvas variedad malvasía.

La **Figura 2** ilustra la metodología de superficie de respuesta del modelo ajustado, donde se observa un efecto sobre ambos parámetros, con una pronunciada pendiente, lo que indica un marcado efecto cuadrático, adicionalmente se muestra una tendencia a incrementar la respuesta de efecto cóncavo, con un punto máximo de rendimiento de 14,28 mg GAE.g⁻¹ extracto a 92,09 % de etanol y 65° C.

Tabla 9. Datos del método del ascenso más pronunciado para la variedad Tempranillo.

Pasos	Variables Naturales		Variables Codificadas		Respuesta (y)
	Concentración (%) (ξ_1)	Temperatura (°C) (ξ_2)	x_1	x_2	mg GAE. g ⁻¹
Base	92,5	65	0	0	15,26
Δ	2,5	5	1	-0,45082	
Base+ Δ	95,00	62,7	1	-0,45082	15,89

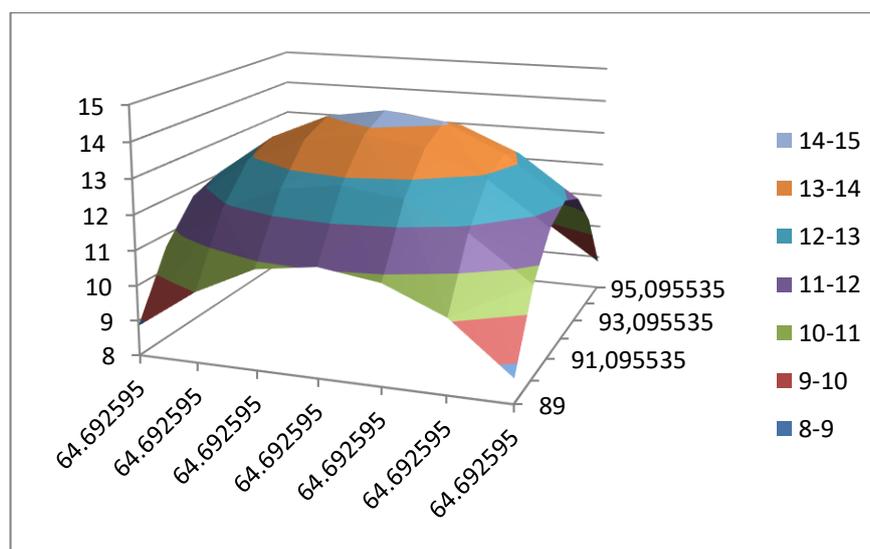


Figura 2. Diseño central compuesto ajustado por MSR para la extracción de compuestos fenólicos en orujo de uva variedad Malvasía.

Zhang & Zhu, (2015), determinaron el contenido de polifenoles en orujos de uva tinta variedad Cabernet Sauvignon y orujo de uva blanca Chardonnay resultando 69,83 y 58,15mg GAE.g⁻¹ de extracto seco respectivamente, siendo superiores a lo reportado en este estudio (14,92 GAE.g⁻¹ extracto seco). El contenido de compuestos fenólicos en el extracto de orujo de uvas (*Vitis vinifera*) se ve afectado por parte del proceso de vinificación. En la elaboración de vinos

blancos como los de Malvasía la maceración no ocurre, por lo que el contenido de compuestos fenólicos en el orujo de estas variedades permanece sin alteraciones, lo que explica que las variedades blancas tengan mayores compuestos fenólicos (Berradre *et. al*, 2013; Antonioli *et. al*, 2015). Por otro lado, el contenido de compuestos fenólicos obtenido en este estudio fue similar al rango reportado (16-54,6 mg GAE.g⁻¹) por Aspe *et al.*, (2015) en el cual se optimizó la extracción de compuestos fenólicos de la piel y semillas de uva *Vitis vinifera* cv. País, por MSR, evaluando la influencia del tiempo de extracción y la relación sólido-líquido (S.L⁻¹).

3.3. Comprobación del modelo optimizado para la extracción de compuestos fenólicos en orujo de uvas variedad Malvasía.

Para comprobar la aplicabilidad del modelo obtenido se realizó la extracción de compuestos fenólicos bajo las condiciones optimizadas, los resultados se muestran en la **Tabla 10**. En todos los casos analizados, los valores obtenidos presentaron DER menores al 5% y el error absoluto entre el valor predicho y el valor experimental fue menor al 5% para ambas variedades.

Tabla 10. Comprobación del modelo de MSR para la extracción de compuestos fenólicos en orujo de uvas variedad Malvasía y Tempranillo

Extracto de orujo de uvas	Condiciones de extracción	Rendimiento de extracción (%)	Valor predicho (mg GAE.100g ⁻¹)	Valor experimental (mgGAE.100g ⁻¹)	%Error
Malvasía	% Etanol: 92,5 Temp: 65° C	5,27 ± 0,47	1428	1492 ± 1,63	4,48

Los resultados son el promedio ±DS de 5 determinaciones realizadas de forma independiente.

La MSR representa una técnica de optimización para hacer eficientes los tratamientos experimentales. Lo que permite reducir costos en tiempo y experimentación, por lo que actualmente es aplicada ampliamente en distintas áreas. Alarcon, (2015), evaluó los datos generados por el proceso de optimización empleando MSR en el proceso de extracción de antocianinas a partir del maíz morado, utilizando el método espectrofotométrico para la determinación de antocianinas. De la validación experimental se desprende que el proceso de optimización logró identificar adecuadamente los valores óptimos de los parámetros que influyen en el proceso de extracción de las antocianinas del maíz morado, por lo que se concluye que el método de superficie de respuesta aplicado, es una herramienta eficaz para

la optimización de variables múltiples con un manejo estadístico de alto nivel y con resultados muy cercanos a la perfección.

3.4. Evaluación de la actividad antioxidante de los extractos optimizados empleando MSR

Los resultados de la actividad antioxidante total obtenidos mediante el ensayo ABTS son expresados en mmol TEAC.100g⁻¹ (actividad antioxidante equivalente a Trolox). En la **Tabla 11** se observa la actividad antioxidante del extracto optimizado por MSR, donde se muestra que el resultado obtenido confirma que los compuestos fenólicos son los responsables de la actividad antioxidante.

La actividad antioxidante obtenida resultó ser mayor a los valores reportados por otros autores (Pérez-Jiménez *et al.*, 2008), en la pulpa de uva (12,44 mmol TEAC.100 g⁻¹ de pulpa). De igual forma, Molina *et al.*, (2010) evaluaron la actividad antioxidante de las pieles de 4 cultivares de uva (*Vitis vinifera* L.) de mesa, dos verdes (Perlette y Sugra One) y dos rojas (*Flame* y *Red Globe*) y de una variedad industrial roja (*Carignane*) empleando el método de estabilización de radicales libres ABTS. La mayor actividad correspondió a los cultivares de *Carignane*, *Red Globe* y *Perlette* con valores entre 54,75 – 59,50 mgET.mL⁻¹, que comparados con el resultado obtenido en este estudio se encuentran por debajo (527,61 mgET.mL⁻¹).

Tabla 11. Actividad antioxidante de los extractos optimizados por MSR.

Orujo de Uva	Actividad antioxidante (mmolTEAC.100g ⁻¹) ± DE
Malvasía	21,08 ± 2,69

Los resultados son el promedio ±DS de 5 determinaciones realizadas de forma independiente.

En el presente estudio la materia vegetal comprende todo el desecho generado del proceso de vinificación, esto es piel, semilla y parte del raquis, mientras que la mayoría de los trabajos analizan estas fracciones por separado, por lo que no contemplan todos los compuestos fenólicos presentes. Sin embargo, se ha reportado mayor actividad antioxidante en solo una fracción, Samavardhana *et al.*, (2014) determinaron la actividad antioxidante en las semillas de uva de la variedad reina negra (*Vitis vinifera* L.), resultando 313,49 μmol TEAC.g⁻¹, el cual es superior al obtenido en la presente investigación (210,80 μmol TEAC.g⁻¹). Algunos reportes indican que la concentración de compuestos fenólicos en la uva, así como la actividad antioxidante total, varía significativamente con la variedad y tipo de tejido del fruto,

además de que dicha actividad varía con la producción (Molina *et al.*, 2010). No obstante, el valor obtenido en este estudio permite inferir su aplicación en el área medicinal y alimentaria.

4. CONCLUSIONES

Las condiciones óptimas de extracción para el mayor contenido de compuestos fenólicos empleando MSR en orujo de uvas variedad Malvasía se obtuvo a una concentración de etanol del 92,09% y a una temperatura de extracción de 65° C.

El extracto de orujo de uva optimizado presentó análisis proximal y actividad antioxidante similar a la reportada en la literatura para este tipo de subproducto, lo que sugiere su posible utilidad en alimentos.

5. REFERENCIAS

- Arveláez, A., Mieres, A., Hernández, C. (2003). Diseño experimental aplicado a la extracción de aceite de la almendra del corozo (*Acrocomia aciculata*). Revista Facultad de Agronomía (LUZ), 20: 174 – 177.
- A.O.A.C. (1980). Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 13a edición. Washington, DC, Estados Unidos de America. Association of Official Analytical Chemists. Pp: 125-133.
- Alarcón, C. 2015. Optimización de parámetros de extracción de antocianinas del maíz morado (*Zea mays* L.) por el método de superficie de respuesta y verificación experimental. Tesis de maestría. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Unidad de posgrado de la Facultad de Ingeniería y Metalurgia. Ayacucho-Perú.
- Amerine, M., Ough. (1976). Análisis de vino y mostos. Zaragoza. España. Editorial Acribia. Pp: 90-91.
- Antoniolli, A., Fontana, A., Piccoli, P. y Bottini, R. (2015). Characterization of polyphenols and evaluation of antioxidant capacity in grapepomace of the cv. Malbec. Food Chemistry. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.01.082>
- Aspe, E., Fuentes, R. y Fernández, A. (2015). Microwave Assisted Extraction of Phenolics Compounds from Grape *Vitis vinifera* cv. País. A Comparison with Maceration. Journal of Medical and Bioengineering. 4 (3): 192-197.
- Berradre, M., Arias, N., Ojeda de R., G., Sulbarán, B., Fernández, V. y Peña, J. (2014). Actividad antioxidante del aceite de semillas de uva *Vitis vinifera* de la variedad Tempranillo. Revista de la Facultad de Agronomía (LUZ). 31: 393-406.
- Cámara, C., Fernández, P., Martín-Esteban, A., Pérez-Conde, C., Vidal, M. (2004). Toma y tratamiento de muestras. Primera Reimpresión. Madrid, España. Editorial Síntesis 114.
- Deng, Q., Penner, M. y Zhao, Y. (2011). Chemical composition of dietary fiber and polyphenols of five different varieties of wine 1 grape pomace skins. Food Research International. 2011, 44: 2712–2720.
- Frago, S. (2016). Extracción y determinación de aromas en orujo de uvas. Tesis Doctoral. Universidad Pública de Navarra. Pamplona, España.
- Fontana, A., Antoniolli, A. y Bottini, R. (2013). Grape Pomace as a Sustainable Source of Bioactive Compounds: Extraction, Characterization, and Biotechnological Applications of Phenolics. J. Agric. Food Chemistry 61: 8987–9003.
- Guntero, V., Longo, M., Ciparicci, S.; Martini, R. y Andreatta, A. (2014). Comparación de métodos de extracción de polifenoles a partir de residuos de la industria vitivinícola. CAIQ. Buenos Aires, Argentina.

Optimización de las Condiciones de Extracción de Compuestos Fenólicos en el Extracto de Orujo de Uva Variedad Malvasía

- Harnly J., Doherty R., Beecher G., Holden J., Haytowitz D., Bhagwat S. y Gebhardt S. (2006). Flavonoid content of US fruit, vegetables and nuts. *Journal Agriculture and Food Chemistry*. 54. 9966–9977.
- Hidalgo J. (2002). Tratado de enología. Tomo II. Madrid, España. Grupo mundi-prensa. Pp: 1333-1334.
- Iacopini, P., Baldi, M., Storchi, P., Sebastiani, L. (2008). Catequin, epicatechin, quercetin, rutin and resveratrol in red grape: Content, in vitro antioxidant activity and interactions. *Journal Food Composition Analytical*. 21, 589-598.
- Katalinic, V., Smole M., S., Skroza, D., Generalic, I., Abramovic, H., Mladen, M., Ljubenkovic, I., Piskernik, S., Pezo, I., Terpinic, P., Boban, M. (2010). Polyphenolic profile, antioxidant properties and antimicrobial activity of grapeskin extracts of 14 Vitisviniferavarieties grown in Dalmatia (Croatia). *Food Chemistry*, 119, 715–723
- Kuskoski, M. E., Asuero, A. G., Troncoso, A. M., Mancini-Filho, J. (2005). Aplicación de diversos métodos químicos para determinar actividad antioxidante en pulpa de frutos. *Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de alimentos*. Campinas, 25 (4): 726 – 732.
- Lafka, T-I., Sinanoglou, V., Lazos, E. S. (2007). On the extraction and antioxidant activity of phenolic compounds from winery wastes. *Food Chemistry*. 104: 1206–1214.
- Maier, T., Schieber, A., kammerer, D. y Carle, R. (2009). Residues of grape (*Vitis vinifera* L.) seed oil production as a valuable source of phenolic antioxidants. *Food Chemistry*. 1 (12): 551-559.
- Marcano D. y Hasegawa M. (2002). Fitoquímica Orgánica. Segunda Edición. Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico. Universidad Central de Venezuela, Caracas. Pág. 137.
- Martínez, G., Rebecchi, S., Decorti, D., Domingos, J., Natolino, A., Del Rio, D. y Fava, F. (2015). Towards multi-purpose biorefinery platforms for the valorisation of red grape pomace: production of polyphenols, volatile fatty acids, polyhydroxyalkanoates and biogas. *Green Chemistry*. 261–270. <http://doi.org/10.1039/C5GC01558H>.
- Molina, D., Medina, L., González, G., Robles, R. y Gámez, E. (2010). Compuestos fenólicos y actividad antioxidante de cáscara de uva (*Vitis vinifera* L.) de mesa cultivada en el noroeste de México. *Journal of Food*, 8:1: 57-63.
- Pérez-Jiménez, J., Arranz, S., Tabernero, M., Díaz-Rubio, M., Serrano, J., Goñi, I., Saura-Calixto, F. (2008). Updated methodology to determine antioxidant capacity in plant foods, oils and beverages: Extraction, measurement and expresión of results. *Food Research International*. 41: 274-285.
- Rice-Evans, C., Miller, N., Papaganda, G. (1994). Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radical Biology & Medicine*. 26: 933-956.
- Samavardhana, K., Supawititpattana, P., Jittrepotch, N., Rojsuntornkitti, K. y Kongbangkerd, T. (2014). Effects of extracting conditions on phenolic compounds and antioxidant activity from different grape processing byproducts. *International Food Research Journal* 22(3): 1169-1179.
- Teixeira, A., Baenas, N., Dominguez-Perles, R., Barros, A., Rosa, E., Moreno, D.A., García-Viguera, C. (2014). Natural bioactive compounds from winery by-products as health promoters: A review. *International Journal of Molecular Sciences*. 15(9): 15638-15678.
- Tseng, A. y Zhao, Y. (2013). Wine grape pomace as antioxidant dietary fibre for enhancing nutritional value and improving storability of yogurt and salad dressing. *Food Chemistry* 138: 356–365.
- Vit, P., Gutiérrez, M., Titera, D., Bednar, M. (2008). Mielles checas categorizadas según su actividad antioxidante. *Acta Bioquímica Clínica Latinoamericana*. 42: 237-245.
- Zhang S y Zhu MJ. (2015). Characterization of Polyphenolics in Grape Pomace Extracts Using ESI Q-TOF MS/MS. *Journal of Food Science and Nutrition*. 1: 001.

TAREAS DOCENTES PARA DESARROLLAR LA HABILIDAD MODELAR EL EXPERIMENTO QUÍMICO EN LA ASIGNATURA QUÍMICA GENERAL

Yuniusky Cruz López¹, Jorge Laudelino Fernández Leyva², Regla Ywalkis Borrero Springer^{3*}, Maricel Trinidad Salas Gainza⁴

¹Licenciada en Educación. Especialidad Química. Master en Educación. Profesora Asistente de la Universidad de Las Tunas.

²Licenciado en Educación. Especialidad Química. Master en Educación. Profesor Auxiliar de la Universidad de Las Tunas.

³Licenciada en Educación. Especialidad Química. Master en Didáctica de la Química. Profesora Auxiliar de la Universidad de Las Tunas.

⁴Licenciada en Educación. Especialidad Química. Master en Educación. Profesora Asistente de la Universidad de Las Tunas.

*Autor para la correspondencia. E-mail: reglaywalkisb@ult.edu.cu

Recibido: 7-2-2018 / Aceptado: 15-5-2018

RESUMEN

En la formación de profesores de Química resulta indispensable desarrollar habilidades que contribuyan mediante el experimento químico al logro de los objetivos propuestos en el modelo del profesional. En el presente artículo se presentan los resultados de una investigación pedagógica que se fundamentó en su carácter teórico-práctico desde el proceso de enseñanza-aprendizaje de la disciplina Química General, aplicando métodos empíricos y teóricos como el Histórico-Lógico, Sistematización Teórica, Método de observación, entre otros. El objetivo estuvo centrado en la elaboración y aplicación de tareas docentes para contribuir al desarrollo de la habilidad modelar el experimento químico de esta disciplina en la Universidad de Las Tunas. Se concibieron las tareas también desde una óptica integradora y problemática, transitando desde niveles de desempeño reproductivos hasta creativos. La introducción de estas tareas en la práctica escolar contribuyó a elevar la calidad del proceso formativo y alcanzar niveles superiores de desarrollo de esta habilidad.

Palabras clave: habilidad, modelar, experimento químico, química general.

ACADEMIC TASKS TO DEVELOP THE ABILITY TO MODEL THE CHEMICAL EXPERIMENT IN THE GENERAL CHEMICAL SUBJECT

ABSTRACT

In the formation of professors of Chemistry, it is indispensable to develop abilities that contribute by means of the chemical experiment to the achievement of the objectives proposed in the professional's pattern. In the current paper the results of a pedagogical research, based on the theoretical-practical character of the subject General Chemistry, were presented from a teaching-learning process point of view, applying empirical



methods, such as, The Historical-Logical Method and the observation Method, among others. The objective was centred in the elaboration and application of educational tasks to contribute to the development of the ability to model the chemical experiment of this discipline in the Universidad de las Tunas. The tasks were also conceived from an integrative and problematic point of view, passing through reproductive acting levels to creative levels. The introduction of these tasks in the school practice contributed to elevate the quality of the formative process and to reach superior levels of development of this ability.

Key words: ability, to model, experience chemical, general chemistry.

TAREFAS DE ENSINO PARA DESENVOLVER A HABILIDADE DE MODELAGEM A EXPERIÊNCIA QUÍMICA NA MATÉRIA QUÍMICA GERAL

RESUMO

Na formação de professores de química, é essencial desenvolver habilidades que contribuam através do experimento químico para o alcance dos objetivos propostos no modelo do profissional. Neste artigo os resultados da pesquisa pedagógica que foi com base na sua natureza teórico-prática desde o processo do ensino-aprendizagem da disciplina de Química Geral, aplicando métodos empíricos e teóricos como o histórico-lógico, a sistematização teórica, a observação e outros. O objetivo foi focado na preparação e execução de tarefas de ensino para contribuir ao desenvolvimento da habilidade de modelagem o experimento químico desta disciplina na Universidade de *Las Tunas*. As tarefas também foram concebidas a partir de uma perspectiva integradora e problemática, passando dos níveis de desempenho reprodutivos para os níveis criativos. A introdução dessas tarefas na prática escolar contribuiu para elevar a qualidade do processo formativo e alcançar níveis mais altos de desenvolvimento dessa habilidade.

Palavras-chave: habilidade, modelagem, experimento químico, química geral.

1. INTRODUCCIÓN

La Química es una ciencia teórico-experimental, afirmación que no es algo nuevo en el contexto de los procesos que tienen lugar al impartir la misma en los diferentes niveles educativos. Ella proporciona a los estudiantes un cúmulo extraordinario de conocimientos, desarrolla hábitos, valores, habilidades, destrezas, modos de actuación, se asimilan representaciones acerca de las sustancias y sus transformaciones. Para el profesor que imparte esta ciencia es tarea importante crear las condiciones idóneas de modo que se propicie una actividad atractiva, dinámica y creadora para los estudiantes.

En el proceso de enseñanza-aprendizaje de esta ciencia una de las ideas rectoras lo constituye la actividad experimental. Se denominan ideas rectoras del curso de Química a un conjunto de elementos o juicios esenciales del conocimiento que deberán ser interiorizados por los estudiantes durante el desarrollo de toda la asignatura. Constituyen parte importante de la estructuración de los contenidos y se encuentran en correspondencia con el fin y los objetivos generales trazados para cada nivel de enseñanza. Esta idea rectora es un aspecto

medular ya que permite demostrar en la práctica la veracidad y credibilidad de los hechos y fenómenos que se corroboran en la actividad experimental.

En un curso de química los estudiantes, mediante el experimento químico, se apropian del aspecto externo de los objetos y fenómenos asociados a su estudio y a partir de él penetran en su aspecto interno, en su esencia. Esto conlleva un proceso de elaboración de conceptos, se “descubren” leyes y se estudian teorías con las cuales la ciencia explica el comportamiento de las sustancias. Los educandos llegan a la conclusión de que la explicación de las propiedades de cada sustancia hay que buscarla en ella misma y no en cosas sobrenaturales, así como el convencimiento de la gran importancia que tienen los conocimientos teóricos y prácticos para la solución de problemas en la industria, la vida o su práctica social (Hedesa, 2010).

Una de las disciplinas del plan de estudios en la formación de profesores de Química en las universidades de Cuba es la Química General. Ella desempeña un rol significativo al constituir una de las materias que más favorece, entre otros no menos importantes aspectos, al desarrollo de habilidades experimentales, por el volumen de actividades de este tipo que se realizan desde los primeros años de la carrera.

Es una exigencia del modelo del profesional de la carrera Biología-Química, elaborado por el Ministerio de Educación (Mined); “...dirigir creativamente el proceso educativo y, en particular, el de enseñanza-aprendizaje de las disciplinas y las asignaturas biológicas y químicas, para el logro de los objetivos propuestos, materializados en el contenido, con la utilización productiva de métodos, medios y formas de evaluación, con énfasis en la observación, el trabajo experimental y el trabajo de campo para el cumplimiento eficiente de sus funciones profesionales”. (Mined, 2009).

Para el primer año de esta carrera se especifica: “Dominar los contenidos básicos de la Introducción a la Biología, la Química General y la Biología Celular y Molecular, que les permita aplicar estrategias de aprendizaje con carácter reflexivo y desarrollador” (Mined, 2009). Dominar los contenidos significa también desarrollar hábitos, habilidades, valores y otras cualidades propias de la personalidad y como futuro profesional de la educación.

Se pretende también que los estudiantes sean capaces de realizar actividades experimentales y manipular el instrumental básico de laboratorio previsto en los programas de las asignaturas.

Una de las habilidades importantes que debe poseer un docente de las ciencias naturales es saber modelar. ¿Modelar qué?: toda actividad docente que necesite ejecutar, modelar

procesos químicos, modelar un experimento, modelar una estructura química, modelar una reacción mediante la ecuación química, modelar un aparato de obtención de sustancias sobre la base de las propiedades de las que reaccionan y se producen. En fin, modelar lo que se explica. Sin la modelación un profesor de las ciencias naturales no estaría en condiciones de representar correctamente cualquier concepto, hecho o fenómeno del entorno que expone y explica. Y sobre la habilidad modelar se han dedicado pocas investigaciones y pocos textos, al menos a partir de lo indagado por los autores.

Es lamentable que aún los estudiantes demuestren insuficiencias en su desempeño en las actividades experimentales, especialmente al modelar las acciones fundamentales derivadas de los procedimientos del experimento y equipos o aparatos a emplear; no establecer adecuada correspondencia entre las acciones físicas experimentales desarrolladas y las mentales y participar en la construcción de los modelos donde prima el nivel reproductivo y existe poca creatividad.

Lo planteado anteriormente permite identificar una contradicción que se da entre el modelo social ideal plasmado en los documentos y la realidad educativa.

En correspondencia con estas realidades y partiendo de las constataciones que realizaron los autores en observaciones de estos tipos de actividades en la carrera, los intercambios con docentes, directivos, estudiantes y las propias vivencias y experiencias por varios años en el ejercicio de la docencia, se propusieron y realizaron un conjunto de tareas docentes que contribuyeran a desarrollar habilidades propias del experimento químico escolar, en particular la habilidad modelar los hechos y fenómenos propios de las actividades experimentales.

2. DESARROLLO

2.1. Consideraciones teóricas

¿Qué es modelar?

Modelar no es solo la simple construcción de determinados modelos (esquemas, gráficos, símbolos y otros), está referido a una transferencia de lo conocido hacia el objeto original de estudio y constituye, por tanto, interpretando a Jardinot (1998), una actividad docente conformada por dos componentes fundamentales; inductores y ejecutores. La modelación, como habilidad intelectual, puede desarrollarse durante el proceso de enseñanza-aprendizaje de diferentes formas, vinculadas estrechamente a los niveles de dominio de la misma: a nivel

reproductivo, productivo o creador. Esta idea es congruente con lo planteado en el presente trabajo.

Mediante la modelación el sujeto adquiere nuevos y más acabados conocimientos. De esta manera la modelación se convierte en un método. Desde el contexto de relacionar lo nuevo por conocer con la realidad objetiva, el estudiante necesita de una representación mental, que puede llevar a un plano (cuaderno, hoja de papel, pizarra, ordenador, etc.) y para lograrlo debe dominar un conjunto de acciones y operaciones que lo conduzcan a modelar el hecho, fenómeno o proceso objeto de estudio. Aquí entonces la modelación constituye una habilidad.

La modelación como una habilidad crea en el sujeto la capacidad para entender de manera más accesible al pensamiento un fenómeno, una estructura o proceso químico y con ello encontrar soluciones a determinados problemas.

En la carrera de Biología-Química una de las premisas es la formación de un profesional con una sólida formación de las habilidades generales y específicas de estas ciencias, en consonancia con su objeto de estudio, para lograr un egresado con mayor preparación para enfrentar dicho proceso en correspondencia con el contexto en que vive la sociedad cubana actual.

La teoría relacionada con el desarrollo de las habilidades ha sido abordada por muchos autores y desde múltiples aristas. En la formación del profesional es amplio el estudio realizado en cuanto a las habilidades profesionales, investigativas, pedagógicas, entre otras más específicas. En la formación de docentes de Química se destacan las investigaciones realizadas por Estévez (2000), Cabrera (2001), Basulto (2003) referidas al desarrollo de habilidades experimentales en las disciplinas Química Inorgánica, Química General y Análisis Químico Cuantitativo, respectivamente.

En la última década, al abordar la teoría sobre el desarrollo del experimento químico, autores como Hedesa (2010), Estévez (2013), Curichumbi (2015), Parra, Gamboa, López y Borrero, (2016), ofrecen diferentes alternativas para su tratamiento a partir de concepciones teóricas y metodológicas que fundamentan su importancia en el trabajo en el laboratorio, mediante estrategias vinculadas con la vida práctica o en la resolución de problemas químicos con cálculos basados en experimentos químicos.

Se coincide con los autores mencionados al afirmar, entre otros aspectos, que las habilidades experimentales en la asignatura Química constituyen la base gnoseológica de esta, mediante su formación y desarrollo y que en la medida que se ponen en práctica los conocimientos y se perfecciona la actividad del hombre se desarrollan habilidades y hábitos.

Congruente con las ideas de Pérez (1986) e Hedesa (2010), mediante la realización de actividades experimentales y la interpretación y valoración de sus resultados, se ilustran y visualizan teorías y leyes químicas y se desarrolla un pensamiento científico mediante la comprobación de hipótesis y predicciones formuladas.

La realización del experimento en cualquiera de sus variantes contribuye al desarrollo no tan solo de habilidades manipulativas en los estudiantes sino también, y sobre todo, al desarrollo del pensamiento y con él al análisis científico de la realidad.

Mediante el uso del experimento químico escolar se establece una sólida relación entre la teoría y la práctica, se reafirma el criterio de la práctica como criterio de la verdad por lo que su uso consolida aspectos esenciales de la posición ideológica de la que parte la asignatura.

La realización de los experimentos químicos escolares contribuye a la formación y educación politécnica de los estudiantes estableciendo, en un vínculo estrecho y constante con la ciencia, la técnica y entre la teoría y la práctica social.

En el presente trabajo se asume la definición de Estévez (2000) para la habilidad experimental; "...es el dominio por el sujeto del sistema de acciones psíquicas y motoras para la planificación, realización de la actividad experimental y explicación de los resultados del experimento con ayuda de los conocimientos científicos que se adquieren en él."

Además, se comparte el criterio de este autor cuando refiere que; "...las habilidades experimentales específicas se consideran como aquellas que se forman en la actividad experimental, donde se modelan fenómenos o proponen hipótesis, se proponen y adaptan procedimientos experimentales para comprobar los conocimientos específicos de cada disciplina o ciencia y luego explicar los resultados que se obtienen en la práctica experimental." (Estévez 2013).

Mientras, las habilidades experimentales manipulativas las define como "...las habilidades experimentales características, predominantemente motoras, que se forman y desarrollan en el trabajo con utensilios, aparatos, animales de laboratorio, instrumentos, equipos, reactivos y todo lo que depende de la manipulación".

Las habilidades están siempre relacionadas con la realización de determinadas tareas, es decir, con la actividad del sujeto.

La tarea docente constituye una de las actividades de mayor relevancia para el trabajo del profesor con los estudiantes con las que pueden comprobar la apropiación por estos de determinados contenidos, constituyendo un componente de gran importancia del proceso de

enseñanza-aprendizaje. Varios autores han brindado sus aportes con respecto a la tarea docente, en lo que se refiere a su definición, tipología, así como a su estructura metodológica. Según Álvarez (1999); "...la tarea docente es la célula del proceso educativo, donde se presentan todos los componentes y las leyes del proceso".

Se puede apreciar que se relaciona la tarea docente con la creación de situaciones de aprendizaje en la clase para contribuir a que el alumno aprenda, sin embargo, aunque se coincide en que estas propician el aprendizaje no sólo se pueden circunscribir a la clase, ya que se pueden trabajar situaciones de aprendizaje como es el trabajo independiente o determinadas situaciones que pueden ser resueltas de forma extradocente.

Silvestre (1999) considera a la tarea docente como "...aquellas actividades que se orientan para que el alumno las realice en clases o fuera de estas, implica la búsqueda de conocimientos, el desarrollo de habilidades y la formación integral de la personalidad". Se aprecia este componente del proceso de enseñanza-aprendizaje desde una óptica más amplia, que implica la formación integral de la personalidad de los estudiantes.

La tarea docente debe establecer situaciones de aprendizaje que le permita al estudiante, con una motivación y orientación previas, la apropiación y aplicación de conocimientos, para dar solución a los problemas del contexto social en el cual se desarrolla, a través de la utilización de estrategias de aprendizaje que le posibilite comprender, explicar y valorar el significado del contenido que aprende; es decir, qué hacer, cómo hacer y para qué hacer.

Según Iglesias (2012) asume entonces a la tarea docente como: "la célula del proceso docente, la acción del profesor y los estudiantes dentro del proceso que se realiza en ciertas circunstancias pedagógicas, con el fin de alcanzar un objetivo de carácter elemental, de resolver el problema planteado al estudiante por el profesor".

Al integrar los componentes del proceso, la tarea docente se convierte en el exponente principal de su contradicción esencial, la que tiene lugar entre el objetivo a alcanzar y el método utilizado por el estudiante para lograrlo. Asimismo, cada tarea incluye un contenido, de ella emanan los medios que se deben emplear en su solución y las formas de evaluación que se corresponden con los objetivos planteados, esto permite que se convierta en un factor decisivo para la instrucción, desarrollo y educación de los estudiantes.

La utilización de las tareas docentes impone considerar que cada una conforma un sistema, a la vez que unidas deben constituir sistemas con la función expresa de contribuir a la formación y desarrollo de hábitos, habilidades y de valores en los estudiantes.

Se asume como estructura interna de las tareas las referidas por Iglesias (2012), teniendo en cuenta los componentes siguientes: título, objetivo, métodos, medios, forma de organización, tiempo de duración, orientación, desarrollo y evaluación. Estas tareas docentes se diseñan con diferentes grados de complejidad, de acuerdo con los niveles de asimilación de los conocimientos: tareas del nivel de reproducción de los conocimientos, tareas de aplicación de los conocimientos, tareas de un nivel creativo. En su materialización, las tareas se conciben sobre la base de los componentes inductores y ejecutores del sujeto, lo que significa generar necesidades, motivaciones y acciones.

La habilidad modelar el experimento químico docente, está referida a la capacidad desarrollada por el sujeto, como resultado del dominio de un conjunto de acciones y operaciones propias de esta, los cuales le permiten planificar, ejecutar y regular una actividad experimental en Química. Ello se refleja en la elaboración adecuada de esquemas, equipos y aparatos, diagramas, algoritmo de trabajo, gráficos, dibujos y otras acciones inherentes a este tipo de actividad.

El cumplimiento de la tarea de modelar el objeto de estudio la realizan los estudiantes mediante un sistema de habilidades precisadas a partir de la esencia del método científico de modelación. Estas acciones operan con carácter de sistema, y son:

La estructura interna de la habilidad modelar, según Jardinot (1998) y adecuada por los autores.

- Observar y analizar el objeto
- Precisar el objeto y sus rasgos esenciales.
- Construir diferentes variantes de modelos.
- Evaluar los modelos creados.
- Utilizar los modelos seleccionados.

Este sistema de acciones o habilidades generalizadas, constituye la invariante o modelo estructural de la modelación.

De esta variable se delimitaron tres indicadores:

1. Nivel de conocimientos sobre la modelación.
2. Nivel de eficacia en la construcción de los modelos.
3. Nivel de aplicación de los conocimientos sobre la modelación a la solución de las tareas docentes relacionadas con el experimento químico docente.

Una vez delimitada la variable y los indicadores, se procedió a seleccionar, mediante una matriz (Anexos), los métodos e instrumentos que permiten establecer un diagnóstico de la variable, para lo cual se estableció una escala valorativa con sus correspondientes categorías. En la evaluación de la variable se utilizaron las siguientes categorías:

Alto: cuando el estudiante conoce al menos tres rasgos de la definición (objeto de estudio, elementos esenciales, logicidad). Si determina qué tipo de modelo debe realizar (símbolos, fórmulas, figuras, esquemas, gráficos, etc.). Si representa los rasgos esenciales del objeto y de los elementos que conforman el modelo a construir, la información sobre el objeto de forma mental y/o gráfica, de manera creativa, varios modelos. Si explica según el objetivo, los procedimientos utilizados para la construcción de modelos en la solución de las tareas docentes. Si los modelos construidos revelan rasgos que se asemejan a la realidad del fenómeno que se estudia.

Medio: cuando menciona dos rasgos de la definición (objeto de estudio, elementos esenciales, logicidad). Si solo tiene en cuenta qué tipo de modelo debe realizar (símbolos, fórmulas, figuras, esquemas, gráficos, etc.). Si representa los rasgos esenciales del objeto y de los elementos que conforman el modelo a construir, la información sobre el objeto de forma mental y /o gráfica, de manera creativa, varios modelos Si explica según el objetivo, los procedimientos utilizados para la construcción de modelos en la solución de las tareas docentes.

Bajo: cuando menciona un rasgo de la definición (objeto de estudio, elementos esenciales, logicidad). Si solo tiene en cuenta qué tipo de modelo debe realizar (símbolos, fórmulas, figuras, esquemas, gráficos, etc.). Si representa los rasgos esenciales del objeto y de los elementos que conforman el modelo a construir, la información sobre el objeto de forma mental y /o gráfica, de manera creativa, varios modelos.

A continuación, se un ejemplo de tarea docente relacionada con el tema de cinética química:

Tema: Hidrólisis salina

Objetivos:

- Representar ecuaciones sobre la hidrólisis salina.
- Predecir los cambios de color de un indicador según el medio, conocida la ecuación de disociación iónica en la hidrólisis salina.
- Investigar sobre la concepción didáctica a este contenido en la escuela media.

Métodos: elaboración conjunta y experimental.

Medios: pizarra, libros de texto de Química General, materiales didácticos elaborados por el profesor, Folleto de tareas experimentales de Machado y Andreu (2004), computadoras, útiles y reactivos de laboratorio.

Forma de organización: Clase práctica.

Tiempo: 90 minutos

Evaluación: Mediante la exposición de los estudiantes, conjugando la autoevaluación, coevaluación y heteroevaluación.

Desarrollo:

Orientaciones previas:

Sobre la base de los indicadores para la evaluación, deben responder esta tarea y presentar las respuestas en el desarrollo de la clase práctica, ejecutando una actividad experimental que demuestre los resultados esperados.

Retrospectiva:

- ¿Cuáles son los pasos a seguir para representar la hidrólisis salina?
- En la ecuación iónica, ¿cuáles son las especies químicas que se representan?

Situación de aprendizaje:

Concurrir al laboratorio y realizar diferentes ensayos para comprobar las características de la hidrólisis salina. Para ello cuentan con las siguientes disoluciones:

- a) Dos vasos de precipitados con disoluciones de cloruro de amonio y nitrato de potasio, respectivamente y deben predecir el carácter básico, ácido o neutro de estas disoluciones. Observe y anote los fenómenos que tienen lugar.
- b) Analizar los hechos sobre la base de la hidrólisis de estas sales.
- c) Representar la ecuación global, iónica y simplificada para las ecuaciones químicas provocada por las hidrólisis anteriores.
- d) ¿Cuál es el color que deben tomar las disoluciones, frente al indicador bromotimol azul?
- e) Construya un esquema o dibuje los sistemas formados en cada vaso. Intercambie con sus compañeros de aula.
- f) Indague con los profesores de química de la escuela donde realizas tu práctica laboral investigativa la concepción didáctica que le dan a este contenido. Exponga los resultados.

Para ejecutar las tareas es importante que queden claras las acciones que les corresponden al profesor y los estudiantes:

Para el profesor es imprescindible que logre un ambiente motivacional adecuado hacia la realización de las tareas, creando expectativas, curiosidad e interés en los estudiantes. Luego presentar la tarea, explicar cómo se ha estructurado para realizar cada parte que exige; explicar las contradicciones, lo problemático, lo cual conlleva a plantear predicciones, ideas, etc. Hacer precisiones en la solución, dirigir el análisis individual y grupal; demostrar la efectividad de la solución dada; analizar los errores cometidos; realizar conclusiones; plantear nuevas situaciones de aprendizaje. Todo ello, en correspondencia con una secuencia lógica de las acciones.

Los estudiantes, por su parte, deben comprender la tarea, identificar los rasgos esenciales, percibir la contradicción, analizar cada hecho, proponer ideas, planificar vías de solución, elaborar proyectos de modelos que reflejen el objeto de estudio, intercambiar con sus compañeros, autovalorar la calidad de las respuestas y de los modelos.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las tareas docentes se emplearon en el marco del desarrollo del proceso de enseñanza-aprendizaje de la Química General II, sobre la base de las particularidades de los estudiantes, sus intereses y necesidades. El contexto fundamental es la clase, pues resulta el momento más adecuado en que el profesor ejerce su influencia directa sobre los estudiantes, pero predomina el trabajo independiente.

Para constatar la efectividad de las tareas docentes se aplicó el experimento pedagógico formativo. El mismo se desarrolló en una muestra conformada por 16 estudiantes del primer año de la carrera Biología-Química en la Universidad de Las Tunas, por ser el año donde se desarrolla la disciplina Química General, (Cruz, 2016).

Para medir la variable la habilidad modelar el experimento químico docente, se determinaron tres indicadores: nivel de conocimientos sobre la modelación, nivel de eficacia en la construcción de los modelos y nivel de aplicación de los conocimientos sobre la modelación a la solución de las tareas docentes relacionadas con el experimento químico docente. En la caracterización de los indicadores propuestos fueron utilizados diferentes instrumentos, tales como pruebas pedagógicas, encuestas a estudiantes y docentes, observación de actividades docentes.

En la etapa final de constatación del experimento pedagógico formativo se utilizaron los mismos indicadores definidos en la caracterización del estado inicial, organizados desde la misma matriz y se utiliza la misma escala para medir los indicadores.

En la caracterización del estado inicial, la variable habilidad modelar el experimento químico docente, fue evaluada con un nivel bajo; debido a que la mayoría de los estudiantes no lograron modelar los hechos, procesos y fenómenos de la ciencia química, y presentaron insuficiencias en el dominio de las acciones que constituyen la misma. No obstante, como aspectos favorables se encuentran la disposición de los estudiantes para ampliar sus conocimientos sobre las acciones y operaciones de la habilidad, así como las potencialidades del programa de la disciplina Química General.

Con la ejecución de las tareas, les resultó más asequible a los estudiantes modelar las actividades experimentales y llegar a resolver las situaciones de aprendizaje planteadas a partir del problema experimental teniendo en cuenta la teoría química. A partir de su concepción científico-metodológica muestran resultados ascendentes. Fueron realizadas como parte del estudio individual clases prácticas o en prácticas de laboratorios. Con una estructura que va de lo simple a lo complejo. Se brinda al estudiante una retrospectiva indicándole las principales cuestiones esenciales para resolver la tarea docente, además, debe completar la información mediante la indagación en otras fuentes bibliográficas.

En correspondencia con lo anterior la variable habilidad modelar el experimento químico se evaluó de alto, ya que los resultados obtenidos apuntaron hacia un adecuado dominio de los procedimientos para el desarrollo de la habilidad modelar el experimento químico docente. Al comparar los resultados de la caracterización y la validación se aprecia una transformación positiva en el dominio de los procedimientos didácticos para el desarrollo de la habilidad modelar, lo que se evidencia en el avance que reflejan los indicadores analizados.

4. CONCLUSIONES

La caracterización del desarrollo de la habilidad modelar el experimento químico docente en los estudiantes del primer año de la carrera Biología–Química de la Universidad de Las Tunas a partir de los indicadores seleccionados, permitió confirmar las manifestaciones de insuficiencias que revelaron el problema, determinándose como causa empírica del mismo que los procedimientos utilizados por los estudiantes para el desarrollo de la habilidad modelar el experimento químico docente carecen de elementos didácticos que garanticen un aprendizaje más eficiente de la disciplina Química General.

Las tareas docentes elaboradas para desarrollar la habilidad modelar el experimento químico docente en la disciplina Química General, están dirigidas a mejorar el aprendizaje y la preparación integral de los estudiantes para el ejercicio de la profesión a través del modo de actuación profesional que responda a los intereses de la sociedad.

Con la puesta en práctica de las tareas docentes y el análisis de los resultados de los diferentes instrumentos que midieron los indicadores utilizados en la caracterización, evidenció que este favorece el desarrollo de la habilidad modelar el experimento químico docente y contribuyó a la formación profesional y elevación de la calidad del proceso de enseñanza-aprendizaje de la disciplina Química General.

5. REFERENCIAS

- Álvarez de Zayas, C. (1999). *La Escuela en la vida*. La Habana, Cuba: Editorial Félix Varela.
- Addine Fernández, F. *La didáctica general y su enseñanza en la educación superior Pedagógica. Aportes e impacto*. Tesis de los principales resultados científicos en opción al grado científico de Doctor en Ciencias. Tribunal de grados científicos. La Habana. Cuba. 2011.
- Basulto Lemus, Y. (2003). *Las habilidades experimentales específicas de la disciplina Análisis Químico Cuantitativo*. Tesis en Opción al Título Académico de Master en Didáctica de la Química. Holguín, Cuba.
- Cabrera Parés, J. C. (2001). *Variante didáctica para desarrollar habilidades experimentales en los estudiantes de primer año de Licenciatura en Educación, especialidad Química*. Tesis en opción del grado científico de Doctor en Ciencias Pedagógicas. Camagüey, Cuba.
- Cruz López, Y. (2016). *Tareas docentes para desarrollar la habilidad modelar el experimento químico en la carrera Biología-Química*. Tesis en Opción al Título Académico de Master en Educación. Las Tunas, Cuba.
- _____. (2016). *Tratamiento de la habilidad modelar el experimento químico docente mediante las potencialidades que brindan las Tecnologías de la Información y la Comunicación*. En CD del evento TECNOEDUCA 2015 con el ISBN: 978-959-180917-9. Las Tunas. Cuba. 2015.
- Curichumbi, R. E. (2015). *El laboratorio experimental como estrategia didáctica para el aprendizaje de química analítica, con los estudiantes de Quinto semestre de la escuela de ciencias: biología, química y Laboratorio, periodo 2013-2014*. Universidad Nacional de Chimborazo. Riobamba, Ecuador.
- Estévez Tamayo, B. (2000). *Sistema de habilidades experimentales de la disciplina Química Inorgánica para el I.S.P.* Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Pedagógicas. Holguín, Cuba.
- _____. (2013). *La actividad experimental: definición de sus conceptos principales. Su formación, desarrollo y evaluación en las carreras de ciencias pedagógicas universitarias*. Revista Pedagogía Universitaria, XVIII (2).
- Hedesa Pérez, Y.J. (2010). *El experimento en el proceso de enseñanza aprendizaje de la química*. La Habana, Cuba: Editorial Pueblo y Educación.
- Iglesias Carralero, O.R. (2012). *La Formación de Valores desde el Proceso de Enseñanza Aprendizaje de las asignaturas del área de Ciencias Naturales en la Educación Preuniversitaria*. Tesis en opción del grado científico de Doctor en Ciencias Pedagógicas. Santiago de Cuba, Cuba.

- Jardinot Mustelier, L. R. (1998). Estimulación de la creatividad de los alumnos durante el aprendizaje de la modelación gráfica de conceptos biológicos. Tesis en opción del grado científico de Doctor en Ciencias Pedagógicas. Santiago de Cuba, Cuba.
- Machado, E; Andreu, N. (2004). Folleto de Tareas Experimentales de Química General. Material digital.
- Mined. (2009). Modelo del profesional de la educación de la carrera Licenciatura en Educación, Biología-Química, Plan D.
- Parra, M., Gamboa, M.E., López, J. y Borrero, R.Y. (2016). Desarrollo de la habilidad interpretar problemas químicos con cálculo. *Bases de la Ciencia*, 1(1), 55-78.
- Pérez, F. (1986). Algunos tipos de problemas y su relación con el experimento y el método experimental en la estructuración problémica de la enseñanza de la Química. Congreso Internacional Pedagogía '86. La Habana, Cuba.
- Silvestre, Margarita. (1999). Aprendizaje, educación y desarrollo. Editorial Pueblo y Educación. La Habana. Cuba.

Anexos:

Matriz para la Indagación Empírica

Variable: la habilidad modelar el experimento químico docente.

Indicadores	Métodos e Instrumentos					
	EPPP		PP	Encuesta	Observación	
	RPA	RL		E	Prof.	Est.
Nivel de conocimientos sobre la modelación.	DF	DF	DI	DI	DI	DF
Nivel de eficacia en la construcción de los modelos.	DF	DF	DI	DI	DI	DF
Nivel de aplicación de los conocimientos sobre la modelación a la solución de las tareas docentes relacionadas con el experimento químico docente.	DF	DF	DI	DI	DI	DF

Leyenda:

EPPP: Estudio de los productos del proceso pedagógico. Est: Estudiante. Prof: Profesores. PP: Prueba pedagógica dentro de los productos del proceso pedagógico.

RPA: Revisión del programa de asignatura

RL: Revisión de libretas

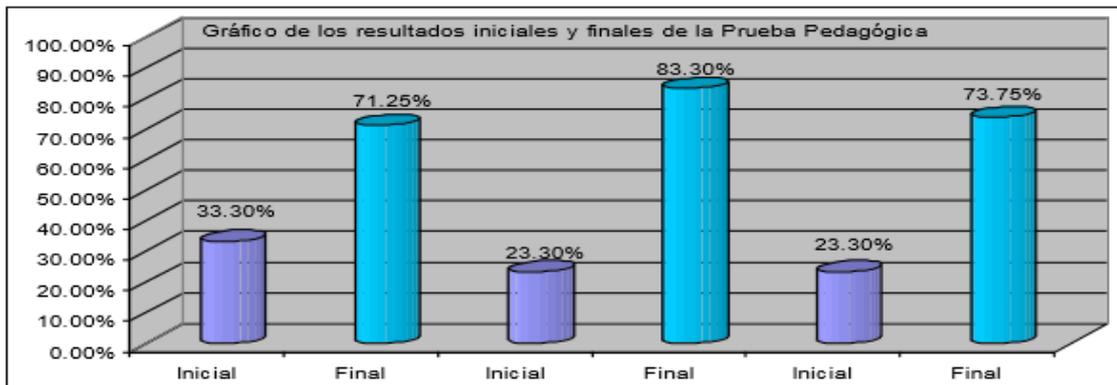
E: Encuesta a profesores.

DI: Diagnóstico inicial.

DF: Diagnóstico final

Observac: Observación del desempeño de los estudiantes y profesores.

Tabla comparativa (estado inicial y final) de los resultados de la prueba pedagógica.



LAS MATEMÁTICAS COMO RECURSO PARA ESTIMULAR EL DESARROLLO DE LA FLEXIBILIDAD COMO CUALIDAD DE LAS POTENCIALIDADES CREADORAS DE LOS ESTUDIANTES EN EL PREUNIVERSITARIO

Dr. C. Yendry Llorente Aguilera*, Dr. C. Nelsy Perfecto Pérez Ponce de León

El Jobo, calle primera, número 10. Municipio Sagua de Tánamo. Holguín. Cuba.

*Autor para la correspondencia. E-mail: yllorentea@uho.edu.cu

Recibido: 24-3-2018 / Aceptado: 19-7-2018

RESUMEN

Las Matemáticas en el preuniversitario cubano exigen de los estudiantes la capacidad de enfrentar y resolver problemas, y que los mismos sean pertinentes y respondan a las necesidades sociales (Aprender a Hacer, Aprender a Ser, Aprender a Convivir, y Aprender a Aprender). Esto sin duda alguna, implica desarrollar la creatividad desde la escuela, ya que la apropiación del conocimiento puede resultar inútil si no se sabe emplear este para crecer como persona y hacer frente a los problemas de hoy y del futuro con eficacia y creatividad. Este trabajo tiene como objetivo estimular el desarrollo de la creatividad, en particular la flexibilidad del pensamiento, de los estudiantes del preuniversitario. El estudio epistemológico permitió revelar limitaciones teórico-metodológicas en presupuestos teóricos que sustentan el objeto de estudio y proponer ideas tendentes a la superación de esas limitaciones. Se parte del análisis de los fundamentos teóricos de la creatividad y de los diferentes enfoques para su estudio. Se realiza una caracterización del concepto creatividad y se determinan las regularidades del mismo en un ambiente sociocultural del proceso de enseñanza-aprendizaje de las Matemáticas en la Educación Preuniversitaria Cubana. El enfoque de aprendizaje que se fundamenta teóricamente toma como referente práctico el proceso de aprendizaje de las Matemáticas en el IPUEC "Ismael Ricondo Fernández", en el municipio Sagua de Tánamo de la provincia de Holguín.

Palabras clave: estimulación, creatividad, potencialidades creadoras, enfoque creativo, enseñanza aprendizaje.

MATHEMATICS AS A RESOURCE TO STIMULATE THE DEVELOPMENT OF FLEXIBILITY AS AN ATTRIBUTE OF THE CREATIVE POTENTIALITIES OF STUDENTS FROM SENIOR HIGH SCHOOL



ABSTRACT

Mathematics in Cuban Senior High School require students with capacity to face and solve problems, and they should be relevant and should respond to social needs (learning how to do), (learning to be), (How to Live Together), and (How to Learn). This certainly means developing creativity from school, because the appropriation of knowledge can be useless, if you do not know how to use it in order to grow up as a person and to deal with today and future problems, effectively and creatively. This paper is aimed to stimulate the development of creativity, particularly the flexibility of thought from pre-university students. This epistemological study allowed revealing theoretical and methodological limitations in theoretical assumptions that support the subject of study, and proposing ideas aimed to overcome these limitations. Starting from the analysis of the theoretical foundations of creativity and different approaches for their study, a characterization of the concept of creativity is made and its regularities are determined within a socio-cultural environment in the teaching-learning process of Mathematics in Cuban High School Education. The learning approach theoretically supported, takes as a practical referent the learning process of mathematics in the IPUEC "Ricondo Ismael Fernandez", in the municipality of Sagua de Tánamo Holguin.

Key words: stimulation, creativity, creative potential, creative approach, teaching and learning.

A MATEMÁTICA COMO RECURSO PARA ESTIMULAR O DESENVOLVIMENTO DA FLEXIBILIDADE COMO QUALIDADE DO POTENCIAL DE CRIAÇÃO DOS ESTUDANTES NO PRÉ-UNIVERSITÁRIO

RESUMO

A matemática no pré-universitário cubano exige que os estudantes tenham a capacidade de enfrentar e resolver problemas e que sejam relevantes e respondam às necessidades sociais (aprender a fazer, aprender a ser, aprender a viver e aprender a aprender). Isto, sem dúvida, envolve o desenvolvimento da criatividade da escola, porque a apropriação do conhecimento pode ser inútil se não sabe-se como usá-lo para crescer como pessoa e enfrentar os problemas de hoje e do futuro de forma eficaz e criativa.

O objetivo deste trabalho é estimular o desenvolvimento da criatividade, em particular a flexibilidade do pensamento, dos estudantes pré-universitários. O estudo epistemológico permitiu evidenciar limitações teórico-metodológicas em pressupostos teóricos que sustentam o objeto de estudo e propõem ideias visando a superação dessas limitações. Baseia-se na análise dos fundamentos teóricos da criatividade e as diferentes abordagens para o seu estudo. Uma caracterização do conceito de criatividade é realizada e suas regularidades são determinadas em um ambiente sociocultural do processo de ensino-aprendizagem da Matemática na Educação Pré-universitária Cubana. A abordagem de aprendizagem que é teoricamente baseada toma como referência prática o processo de aprendizagem da Matemática no IPUEC "Ismael Ricondo Fernández", no município de *Sagua de Tánamo* da província de *Holguín*.

Palavras-chave: estimulação, criatividade, potencial criativo, abordagem criativa, ensino-aprendizagem.

1. INTRODUCCIÓN

Los documentos normativos de la Educación Preuniversitaria, en particular las orientaciones metodológicas, plantean como objetivo fundamental el desarrollo de la creatividad en los estudiantes, mediante el proceso de enseñanza aprendizaje de las asignaturas del plan de estudio (MINED, 2012).

Se conoce que, desde el punto de vista de la actividad intelectual, los estudiantes del nivel medio superior están potencialmente capacitados para realizar tareas que requieren una alta dosis de trabajo mental, de razonamiento, iniciativa, independencia cognoscitiva y creatividad (Arteaga, 2004). Estas posibilidades se manifiestan tanto respecto a la actividad de aprendizaje en el aula, como en las diversas situaciones que surgen en la vida cotidiana del joven (MINED, 2011 a).

La afirmación anterior se sustenta en el propio programa de Matemática del preuniversitario cubano (MINED, 2011 a). En dicho programa se reconoce que el desarrollo del intelecto de los adolescentes y jóvenes no ocurre de forma espontánea, sino siempre bajo el efecto de la educación y la enseñanza recibida, tanto en la escuela como fuera de ella.

Al respecto, las indicaciones metodológicas generales de las Matemáticas (MINED, 2012), centran su atención en la necesidad de sistematizar los conocimientos, habilidades y formas de la actividad mental (procedimientos lógicos, heurísticos y metacognitivos), a través de una planificación sistémica, variada y diferenciada de las tareas que se plantean a los estudiantes, que atienda a sus necesidades e intereses individuales y estimule su independencia y creatividad (Arteaga, 2004). No obstante, no se realiza un análisis particular de la relación que estas tareas tienen con cualidades del pensamiento ampliamente reconocidas como factores de la creatividad (Llorente, 2016).

Las clasificaciones conocidas de las tareas docentes (Garcés, 2003) de Matemática no crean espacios suficientes para estimular el desarrollo de la flexibilidad del pensamiento como cualidad de las personas creativas (Arteaga, 2004) que el futuro necesariamente exige, para satisfacer las demandas de la sociedad.

La anterior situación afecta la implicación del estudiante en la solución de las tareas asignadas, dejándole poco espacio a la elaboración o creación personal. A ello se añade que el incremento del grado de dificultad de las tareas docentes se concreta en situaciones cada

vez más complicadas, con la consecuente dificultad del docente para ubicarlas dentro de la zona actual y potencial de los estudiantes. Por esa razón en ocasiones devienen ejercicios sencillos que poco contribuyen al desarrollo de los estudiantes o son tan exigentes que no pueden realizarlas (Llorente, 2016).

Un estudio de las regularidades obtenidas en un conjunto de observaciones a clases, la revisión de cuadernos y los resultados del operativo evidenció que los estudiantes:

- Al enfrentarse a situaciones no tradicionales (problemas abiertos), se desorientan y comienzan a aplicar una estrategia de prueba y error, lo que evidencia poca originalidad.
- Tienden a ser acríticos y repetitivos, se centran en buscar la fórmula que contiene todos los datos de la situación de aprendizaje, a sustituir y calcular.
- Al enfrentar la solución a los problemas no llegan a la esencia de los fenómenos que estudian ni logran establecer generalizaciones.
- Al pedirles que elaboren una clasificación lo hacen basado en propiedades no esenciales, externas y transitorias.
- No escogen la vía más racional y económica para dar solución a las situaciones problemáticas, ni valoran la posibilidad de que una tarea docente tenga diversas vías de solución (Llorente, 2016).

Todo lo anterior evidencia un pobre desarrollo de las potencialidades creativas de los estudiantes mediante el aprendizaje de las Matemáticas, que se contraponen a las posibilidades que ellos tienen para ello y a los objetivos de la asignatura para ese nivel educativo.

La literatura precedente de diferentes ámbitos, que sustentan la necesidad de continuar la búsqueda de fundamentos teóricos para la estimulación de las potencialidades creadoras, aportan valoraciones críticas, fundamentos, principios y estrategias, tanto para su tratamiento dentro del currículo como fuera de este mediante programas colaterales, en el contexto internacional resaltan las obras de algunos autores (S. de la Torre 1987; E. Alencar y D. Souza 2010; R. Barbosa y I. Batista 2010), aunque se realizan desde diferentes posiciones teóricas, coinciden con investigadores cubanos como: Mitjans 1997, Castellanos 2003, Daudinot 2006, Bermúdez y Pérez 2009, Martínez 2009, Leyva y Mendoza 2011, Bolaños 2014, Polo 2014, Chelán 2015, Victorovna 2015 y Llorente 2016.

La profundización en la bibliografía relacionada con la didáctica de las Matemáticas, permitió el reconocimiento de diferentes aportes. En este sentido, se encontró que, a pesar de la importancia de cada uno de los aportes teóricos y prácticos que ellos contienen, no ofrecen procedimientos específicos de tipo pedagógicos para estimular la flexibilidad del pensamiento mediante el aprendizaje de las Matemáticas en el preuniversitario (Testa 2001; Pérez 2001; Zaldívar 2001 y Llorente 2016).

El análisis de los elementos anteriormente expuestos en comparación con el estado cualitativo que se necesita alcanzar en torno al tema de la enseñanza aprendizaje de las Matemáticas en el preuniversitario revela una contradicción dialéctica que en su aspecto externo se manifiesta entre las carencias teórico- metodológicas del enfoque actual para la resolución creativa de problemas matemáticos en el preuniversitario y la necesidad social de que el aprendizaje de la Matemática estimule las potencialidades creadoras de los estudiantes.

Lo enunciado con anterioridad conduce a formular como problema que guía el presente trabajo: las insuficiencias en la formación de los conocimientos matemáticos en el preuniversitario y en la estimulación mediante este proceso del pensamiento creador en el preuniversitario cubano.

El objetivo de esta investigación es la fundamentación teórico metodológica de una concepción pedagógica con enfoque creativo del aprendizaje de las Matemáticas para el décimo (10^{mo}). Grado del preuniversitario cubano que contribuya a la formación de los conocimientos matemáticos y a la estimulación de la flexibilidad del pensamiento de los estudiantes.

2. METODOLOGÍA

2.1. Sistematización de la creatividad: componentes esenciales en su desarrollo.

Los paradigmas que sobre la creatividad se exponen a continuación, constituyen importantes aportes a la ciencia en su proceso de aproximación a la esencia. El modo de concebir la creatividad depende del enfoque o tendencia de partida. La utilización de estos modelos teóricos y metodológicos durante el pasado siglo ha permitido, hasta cierto punto, comprender y propiciar el desarrollo de la creatividad en el contexto educativo.

No fue casual que ya en la década de los 50 del pasado siglo el tema de la creatividad se abordara con énfasis (Guilford, 1950 citado por Llorente, 2016). Esto es una evidencia de la necesidad de crear que se manifiesta en la postguerra y del papel que tuvo que jugar la ciencia en la solución de los problemas socioeconómicos. Posteriormente florece esta temática en Cuba cuando surge la Asociación Cubana de Creatividad Científico-Técnica en (1993). En La Habana aparecen los proyectos Argos, Odisea, PRICREA y CREATEC, entre otros. También se celebran el primer y segundo Simposio Iberoamericano de la inteligencia: pensar y crear (citado por P. Mongeotti 2003).

En el segundo quinquenio de los noventa muchos proyectos particulares dejan de funcionar y la dirección de las investigaciones es centrada institucionalmente; la Academia de Ciencias mantiene a la creatividad entre sus líneas de investigación autorizadas. En el Instituto Superior Pedagógico “E. J. Varona” se funda la “Cátedra especializada para el desarrollo de la inteligencia, la Creatividad y el Talento” y, además, se impulsan las investigaciones de maestrías y doctorados en función del perfeccionamiento del proceso pedagógico. Se celebra el “VI Taller Internacional: Hacia la educación del siglo XXI. Educación y Creatividad” y el evento internacional “Creatividad y Sociedad” en abril de 1998.

En la última década, a pesar del auge señalado los resultados de la mayoría de las investigaciones son descriptivos y las conclusiones tienden a repetir los postulados presentados sobre esta temática por autores anteriores como: Mednick 1972, Grinberg 1987, Taylor 1987, Chibás 1993, Mitjás 1995 y Del Prado 2010, entre otros (citados por Llorente 2016). Se produce un relativo estancamiento en la definición de creatividad, pues no se producen saltos cualitativos en los órdenes de la esencia al definir este concepto. En particular los investigadores llegan a la esencia por la vía de la abstracción. Los métodos de diagnóstico sólo cambian, sutilmente sus denominaciones. Se hace necesaria una integración pura y sistémica de los aportes teóricos que han hecho los investigadores. El interés investigativo sobre la creatividad se ha mantenido por el Humanismo y el Cognitivismo, en Psicología, y por el Constructivismo en Pedagogía.

2.1.1. Los enfoques para el estudio de la creatividad: y una caracterización.

Para definir a la creatividad se debe tener en cuenta que en la historia se han utilizado muchos términos afines. Entre estas denominaciones encontramos: pensamiento creador, imaginación creativa, talento e inventiva. Las diferentes definiciones son de un significativo valor teórico por su aporte para la comprensión del objeto de estudio en cuestión.

En la literatura especializada no es frecuente encontrar una definición teóricamente acabada, estructurada y precisa (Daudinot, 2006), por esa razón se toman los parámetros que señalizan lo esencial en un objeto de estudio (Bermúdez y Rodríguez, 1998) para delimitar el término creatividad: sus propiedades determinantes, las contradicciones que le son inherentes, las causas de su surgimiento, las leyes de su comportamiento y la tendencia de su desarrollo.

Para facilitar la comprensión de lo anteriormente planteado, resulta pertinente el análisis de algunas de las definiciones sobre la creatividad, propuesta por los autores cubanos y extranjeros, en correspondencia con las etapas por la que ha transitado el concepto en su devenir lógico. Se abordarán las de Guilford, Mednick, Taylor, Grinberg, Del Prado, Mitjás y Chivás, entre otros. Son seleccionadas estas definiciones por la manera explícita en que se plantean dentro de la obra de cada autor.

Según El investigador norteamericano Guilford (1950) es significativo que destaca la solución de problemas en su definición, aunque se podría valorar la pertinencia del término resolución, ya que este concepto no solo se manifiesta en la solución sino en el proceso de resolución; Mednick (1972), investigador citado por Landau (1987), en su definición destaca el establecimiento de relaciones en correspondencia con las exigencias para lograrlas o su utilidad. Aunque no lo declara, el énfasis evidentemente recae en el proceso cognoscitivo; Taylor (1987) explicita el papel de lo cognitivo y destaca como propiedades determinantes de la creatividad a la novedad y al valor de la idea. Aquí se introduce un elemento axiológico que no se observa en los autores anteriormente analizados. La novedad de la idea está evidentemente vinculada a la originalidad.

Además (Grinberg, (1987) destaca, a pesar de su marcado reduccionismo biologicista de lo psíquico, que la originalidad es una propiedad determinante de la creatividad y sugiere su vínculo con la solución de problemas, es decir, que también enfatiza en el aspecto cognoscitivo;

Por otra parte Chivás, (1992) destaca el papel de lo cognitivo tanto en la formulación como en la solución de problemas; de manera implícita señala la originalidad al referirse a lo novedoso. Este autor precisa la diferencia que existe entre proceso y facultad; Mitjás, (1995) en su definición, se destaca el valor de lo social como condición en correspondencia con la tendencia de orientación marxista y se precisan la originalidad y el valor como propiedades

determinantes. Se intenta explicar la creatividad desde un enfoque personológico; también por su parte, Del Prado (2010) en su definición también se suma al reconocimiento del papel de lo cognitivo en la creatividad, y precisa la originalidad como propiedad determinante. Si el uso del término sentir lo asocia a lo sensorial entonces reconoce el vínculo que predominantemente existe entre la creatividad y la función cognoscitiva de la personalidad, pero si se refiere a lo sentimental, entonces asume que los elementos de la naturaleza afectiva constituyen una propiedad determinante de la creatividad, o sea, vinculados a la función sostenedora de la personalidad.

- Después de hacer el análisis antes expuesto de las definiciones sobre la creatividad, el investigador declara como rasgos importantes del concepto los siguientes:
- Caracterización del concepto de creatividad como cualidad de la personalidad (Rodríguez, 1990). Mitjás, (1995).
- Proceso o facultad que permite hallar relaciones y soluciones novedosas partiendo de informaciones ya conocidas (Chivás, 1992).
- Posibilidad de descubrir y solucionar un problema (Guilford, 1950; Chivás, 1992).
- Es un proceso de descubrimiento o producción de algo nuevo, valioso, original y adecuado (Taylor, 1987; Mitjás, 1995; Del Prado, 1996 y 2010).
- Cumple las exigencias de una determinada situación social (Mitjás, 1995; Mednick, 1972).
- Expresa el vínculo de los aspectos cognoscitivos y afectivos de la personalidad (Mitjás, 1995).
- Modo original y personal de pensar, sentir y expresarse que se aparta de los modelos socioculturales vigentes (Del Prado, 1996 y 2010).
- Es la capacidad de un cerebro para llegar a conclusiones nuevas y resolver problemas de una forma original (Grinberg, 1987).
- Transformación de elementos asociativos que crea nuevas combinaciones (Mednick, 1972).e implica diversas capacidades a los problemas, como la fluidez, flexibilidad, originalidad, redefinición y elaboración (Guilford, 1950).

La caracterización realizada muestra uno de los aspectos fundamentales de los estudios de creatividad: los diversos enfoques para su estudio, que se evidencian en las propias definiciones que realizan los autores referenciados. Este hecho no es una dispersión teórica derivada solo de las distintas concepciones epistemológicas y teorías psicológicas de los autores consultados, pues también se debe al carácter complejo de la creatividad, pues si

bien ella se configura a nivel de la personalidad de los sujetos, los sujetos creativos muestran cualidades particulares mayormente comunes, que transcurren mediante un proceso más o menos extenso y se concretan en productos específicos, subjetivos u objetivos.

Las teorías existentes sobre creatividad han sido categorizadas en diferentes sistematizaciones, que proveen a los investigadores de un soporte general para clasificar su amplia diversidad y la variedad de enfoques para su estudio. Según Betancourt Morejón, [(Betancourt Morejón, J. (1992)] y Gowen, (1992), [citado por González Valdés, A. (1994)], las teorías se clasifican en: cognitivas, racionales y semánticas, personalidad y factores ambientales, salud mental y ajuste psicológico y psicoanalíticas y neopsicoanalíticas.

Cada una de ellas han contribuido a la comprensión de la creatividad y aportado técnicas y estrategias para desarrollarla, sin embargo, estos logros tienen un alcance parcial, por cuanto sólo enfatizan en uno o varios aspectos que condicionan las potencialidades y realizaciones creativas de los sujetos. Orientarse en esta diversidad teórica resulta complicado, más si dentro de ellas los estudios se han dirigido en diferentes direcciones (enfoques). Dichos enfoques también han sido sistematizados. La clasificación más conocida en nuestro país se realiza atendiendo a qué aspecto de la creatividad se dirige la atención: La centrada en el estudio de la persona; la que dirige su atención al proceso que conduce a la creación; la que enfatiza en los productos (novedad, originalidad, etcétera.); las encaminadas a delimitar las condiciones ambientales que propician la creatividad y las integradoras (B. Morejón, et al. 1997; Mitjás Martínez, A. 1997b y Morales Domínguez, J. L. 1995).

Las investigaciones orientadas al estudio de la persona han dirigido su atención a las características personales que distinguen las creativas de las que no lo son, y se han realizado sobre la base de una amplia variedad de concepciones teóricas. Los trabajos que centran su mira en el proceso creativo, intentan explicar de qué forma ocurre la actividad creadora y qué elementos o etapas forman parte de ella, no obstante, la mayoría de las teorías generales del comportamiento humano proponen una explicación diferente de dicho proceso. Las que se encaminan al estudio de los productos tienen una inclinación hacia las cualidades de las realizaciones creativas. Aquí el énfasis se traslada a la originalidad, en la perspectiva de que no se corresponda con lo tradicional, novedad, en el sentido de la distancia que guarda con lo conocido y adecuación, por su contribución al mejoramiento estético, teórico o práctico. Otras investigaciones han estudiado los factores que dinamizan u obstaculizan la creación; dentro de ellas sobresalen los estudios sobre el sujeto y el grupo,

en función de sus relaciones con la actividad creadora. En la década de los 90 han aparecido trabajos que subrayan dos o más aspectos de los analizados anteriormente, intentando explicar la creatividad como fruto de su integración (Llantada, M. 1995; Mitjans, A. y González, F. 1997).

A pesar de esa diversidad, existe consenso en que la creatividad es desarrollable, muy dependiente de factores motivacionales, y sólo un cambio profundo en las condiciones dominantes del proceso docente educativo puede conducir a la estimulación eficiente de las potencialidades creadoras, más aún en condiciones de enseñanza masiva.

A partir de un análisis crítico de los aportes y limitaciones de cada uno de esos puntos de vista y de los criterios derivados de la interpretación de este fenómeno procedentes de la psicología de filiación marxista, ha surgido una concepción holística de la creatividad. Dentro de este enfoque podrían situarse las investigaciones realizadas en Cuba (Betancourt Morejón, J. 1992 y 1997; Chibás Ortiz, F. 1993; Daudinot Betancourt, I. 1994 y 1999; González Rey, F. 1997; González Rey, F. y Mitjans Martínez, A. 1989; González Valdés, A. 1990; Martínez Llantada, M. 1999; Martínez Selva, J. M. 1988 y Mitjans Martínez, A. 1997a), las que se diferencian porque explican las realizaciones creativas a partir de un equilibrio de factores afectivos y cognitivos propios de cada persona, de los que se deriva la necesidad de atender las condiciones ambientales que la propician, y el proceso que conduce a ella y los factores afectivo-cognitivos, propios de cada persona. Es necesario destacar que aún dentro de estas posiciones, bastante coincidentes entre sí, se observa, en algunos casos, una acentuación en los factores cognitivos (González Valdés, A. 1994) y en otros en los condicionantes afectivos (Mitjans Martínez, A. 1997a).

A raíz de la sistematización realizada acerca de las teorías de la creatividad, denominadas también enfoques del estudio de la creatividad y de la caracterización de ese concepto, se asume el enfoque personológico (Mitjans, 1995; Gonzáles, 1997), el que de manera total o parcial es compartido por investigadores cubanos en el área de la estimulación de la creatividad (Llantada, 1999; Pérez, 2001; Zaldívar, 2001; González, 2003; Daudinot, 2006; 2011).

En consecuencia, con lo anterior se asume el concepto de enfoque para el estudio de la creatividad como aquella dirección de su investigación, que incluye el descubrimiento y comprensión de la esencia de este fenómeno humano y social, con la intención de estimular su desarrollo mediante el proceso de enseñanza aprendizaje de la Matemática.

La adscripción del enfoque particular que se elabora al enfoque personológico (Mitjás, 1995 y Gonzáles, 1997) se realiza sobre evidencias teóricas y fácticas de que la creatividad es un modo original y personal de pensar y sentir, que imbrica aspectos cognoscitivos y afectivos de la personalidad. Ello no niega que se realiza mediante un proceso de búsqueda y descubrimiento (Taylor, 1987; Mitjás, 1995; Del Prado, 1996 y 2010), en el que se establecen relaciones inusuales entre los conocimientos y vivencias, que da como resultado productos que se distinguen por su originalidad, novedad y pertinencia. Por el contrario, estas particularidades, muestran que todo ello es inherente a cada ser humano (Daudinot, 2011) y se expresa en la manera singular en que se configura cada personalidad. Además, el enfoque personológico (Mitjás, 1995) en su naturaleza como proceso, expresa la experiencia histórica social de la cultura acumulada y su enriquecimiento a partir de la nueva dimensión alcanzada, en el propio acto de la flexibilidad del pensamiento de las personas creativas.

Lo antes expuesto explica la necesidad de determinar aspectos específicos de la creatividad, que sean susceptibles de estimulación mediante el proceso de enseñanza aprendizaje de las Matemáticas. La búsqueda de esos aspectos específicos conduce a las cualidades del pensamiento creativo. El enfoque general de la creatividad asumido exige una argumentación al respecto.

2.1.2. Cualidades del pensamiento creativo.

La génesis de las cualidades de las personas creativas, proviene del enfoque factorialista de la creatividad (Guilford, 1952 citado por De Bono, 2000), por el hecho de que en la personalidad de cada sujeto se configuran de manera singular determinadas cualidades vinculadas directamente a la creatividad. Las mismas son asumidas por investigadores adscriptos al enfoque personológico de su estudio y estimulación (Mitjás, 1995; González, 1997; Martínez, 1999; Pérez, 2001; Zaldívar, 2001; González, 2003; Daudinot, 2006; 2011).

Debido a que estas cualidades se interpretan de manera diferente desde distintos enfoques, se desarrolla a continuación la conceptualización, la asunción y caracterización de dichas cualidades de la creatividad, de la que se jerarquiza que se utilizarán en para esta investigación:

- **Fluidez:** es la capacidad para producir ideas y asociaciones de ellas sobre un concepto, objeto o situación (Guilford, 1950; Olea, 1993; Mitjás, 1995; Rico, 1997; Martínez, 1999; Zaldívar, 2001; Garcés, 2009).

- Flexibilidad: es la capacidad de adaptarse rápidamente a las situaciones nuevas u obstáculos imprevistos, al acudir a experiencias previas y adaptarlas a un nuevo entorno o situación (Guilford, 1950; Olea, 1993; Mitjás, 1995; Rico, 1997; Martínez, 1999; Zaldívar, 2001; Daudinot, 2006 y 2011).
- Originalidad: es la facilidad para ver las cosas, de forma única y diferente (Guilford, 1950; Grinberg, 1987; Taylor, 1987; Olea, 1993; Mitjás, 1995; Del Prado, 1996; Rico, 1997; Martínez, 1999; Zaldívar, 2001).
- Elaboración: grado de acabado. Es la capacidad que hace posible construir cualquier cosa al partir de una información previa (Guilford, 1950; Waisburd y Gilda, 2009).
- Sensibilidad: es la capacidad de captar los problemas, la apertura frente al entorno, la cualidad que enfoca el interés hacia personas, cosas o situaciones externas al individuo (Waisburd y Gilda, 2009).
- Redefinición: es la habilidad para entender ideas, conceptos u objetos de manera diferente a como se había hecho hasta entonces, aprovechándolos para fines completamente nuevos (Guilford, 1950; Waisburd y Gilda, 2009).
- Abstracción o análisis: se refiere a la capacidad de analizar los componentes de un proyecto y de comprender las relaciones entre esos componentes; es decir, extraer detalles de un todo ya elaborado (Waisburd y Gilda, 2009).
- Síntesis: lo opuesto a la abstracción, es la capacidad de combinar varios componentes para llegar a un todo creativo. Es decir, es un proceso que cuando parte del análisis de los elementos de un problema es capaz de crear nuevas definiciones concluyentes de la realidad del asunto estudiado. El análisis describe, mientras la síntesis concluye con explicaciones creativas del funcionamiento de un sistema o un problema (Waisburd y Gilda, 2009).

Desde la arista de la estimulación de la creatividad en la escuela, diferentes autores han centrado la atención en cualidades distintas de las personas creativas. En el área de la enseñanza de la Física han elaborado maneras específicas de estimular la fluidez y la flexibilidad del pensamiento en la educación preuniversitaria (Zaldívar, 2001) y los procesos de abstracción-generalización (analítico-sintético y de generalización) mediante la solución de problemas en la educación secundaria (Pérez, 2001).

Por su parte Arteaga (2002) elaboró una propuesta didáctico-metodológica para el diseño de los sistemas de tareas a utilizar en la dirección del trabajo independiente creativo de los estudiantes en el proceso de enseñanza- aprendizaje de la Matemática en la educación

media superior. Este autor realiza una propuesta general, que no se centra en cualidades del pensamiento creativo, sino en la dirección de la actividad cognoscitiva independiente creadora de los estudiantes. No obstante, en la aplicación de su propuesta toma la flexibilidad como un aspecto esencial de las personas creativas.

Lo antes expuesto evidencia la necesidad de tomar partido al respecto y argumentar la posición que se asume. En primer lugar, se tiene en cuenta la complejidad de la creatividad como cualidad inherente del ser humano (Daudinot, 2006) y la diversidad de criterios de la temática en cuestión por su condición transformadora (Del Prado, 2010; Daudinot, 2011). Esto explica que en el área de la enseñanza de las ciencias se jerarquicen determinadas cualidades y no el conjunto de ellas. A esta manera de asumir la educación de la creatividad se adscribe la presente investigación.

Dentro de esa idea general se asume la flexibilidad del pensamiento como una cualidad a jerarquizar debido a que es una cualidad inherente a la solución de problemas, aspecto que se revela como fundamento reiterado de la enseñanza aprendizaje de la Matemática. Por otra parte, se cuenta con investigaciones precedentes que brindan información teórica, metodológica y fáctica, aunque con la limitación de que aplicado a un objeto diferente (Zaldívar 2009 y Pérez 2014). Además, en el desarrollo de la flexibilidad del pensamiento se imbrican procesos analítico-sintéticos y de generalización, sobre la que existe igual condicionamiento que respecto a la flexibilidad.

No obstante, en la presente investigación la flexibilidad se asume no solo como cualidad del pensamiento sino como cualidad de la creatividad, que implica la capacidad de modificación de comportamientos, actitudes, objetivos y métodos ante situaciones específicas, particularmente ante problemas. Según Talízina, (1988), se constituyen en parámetros de esta cualidad del pensamiento la:

- Reflexión (volver a examinar).
- Argumentación (apertura y confrontación de ideas, globalización y pluralismo).
- Versatilidad (amplitud de criterio y facilidad de adaptación).
- Proyección (capacidad de delinear y afrontar el futuro).

La flexibilidad del pensamiento del individuo en el proceso de enseñanza aprendizaje en las Matemáticas ha producido transformaciones y grandes invenciones que se han caracterizado por la ruptura de los paradigmas, métodos y orientaciones de los planteamientos iniciales,

durante el proceso de búsqueda de nuevos caminos y fronteras no satisfechos con las fronteras existentes (Zaldívar 2009 y Pérez 2014).

El desarrollo tecnológico actual propicia el desarrollo de la flexibilidad del pensamiento al transitar en la resolución de problemas de soluciones y hechos consagrados, a la posibilidad de nuevas formas y maneras de formación del conocimiento matemático.

Esta cualidad del pensamiento, por su carácter complejo, expone como perspectiva la objetividad de apreciación para la toma de decisiones. Una respuesta como producto del análisis de diferentes alternativas, enfoques y perspectivas, tiene la posibilidad de ser más acertada que una respuesta vista desde un solo ángulo; y, una respuesta es más objetiva por la oportunidad de la confrontación y el examen de la argumentación. La flexibilidad provee distintas perspectivas y caminos, es una fuente de recursos y pilar creativo (Zaldívar 2009 y Dayamí 2014).

Existen barreras que obstaculizan el desarrollo de la creatividad, y en particular la flexibilidad del pensamiento como son: los estereotipos predominantes en nuestro medio, los hábitos no fijados, y la ausencia de convivencia, afecto, comprensión y la solidaridad, la paralización del pensamiento, el sectarismo, la prevención, la hostilidad, y el enfatizado conductismo a lo largo de los procesos de desarrollo y de la educación.

Desarrollo de la creatividad.

Son innumerables las formas de estimulación abordadas por diferentes autores sobre el desarrollo de la creatividad. En la presente investigación se asumen las de De Bono (2000), que a continuación se exponen: Enumeración de la variedad de consecuencias sobre una acción específica.

- Búsqueda de diversidad de asociaciones sobre un hecho u objeto.
- Riqueza de argumentación sobre un hecho o alternativa de solución.
- Búsqueda de argumentos para los diversos factores de un hecho.

El presente trabajo se adscribe al enfoque personológico (Mitjás, 1995), ya que, en su naturaleza como proceso, expresa la experiencia histórica social de la cultura acumulada y su enriquecimiento a partir de la nueva dimensión alcanzada, en el propio acto de la flexibilidad del pensamiento de las personas creativas.

Establecidos los aspectos teóricos de partida relacionados con la creatividad, es necesario establecer los criterios metodológicos que sustentan esta investigación y su concreción en

su objeto, el proceso de enseñanza aprendizaje de las matemáticas en el preuniversitario cubano, en particular en el décimo grado.

2.2. La Estimulación de la Creatividad en la Escuela

2.2.1. Concepciones teóricas metodológicas.

En este epígrafe se realiza una caracterización, desde la perspectiva teórica y metodológica, de la estimulación de la creatividad en la escuela a partir del estudio de los trabajos precedentes; con este propósito se parte del análisis de la categoría educación en su concepción general y se continúa con la noción de educación matemática.

Es de vital importancia en cualquier sociedad la educación. Son variadas las definiciones de esta categoría, que es abordada desde dos aristas principales: como proceso de formación y desarrollo del sujeto, y como proceso de enseñanza-aprendizaje que se realiza en instituciones docentes específicas y conduce a la obtención de determinado escaño educativo (Martínez, M. y otros 2004, citado por Domínguez, 2012).

La educación se define como proceso, institución, resultado, actividad y profesión. En cualquiera de estas interpretaciones sus resultados están condicionados por la profundidad de los conocimientos teóricos y la experiencia de los educadores y educandos. Se comparte el criterio de Castellanos, D. y otros (2005) al definir la educación como un “proceso social complejo e histórico concreto en el que tiene lugar la transmisión y apropiación de la herencia cultural acumulada por el ser humano”.

La educación de los estudiantes se realiza mediante el proceso pedagógico, que está concebido para que el docente oriente y guíe a los estudiantes, con el fin de que estos se auto eduquen (Castellanos, D. y otros 2005, citado por Domínguez, 2012). En este proceso, el docente perfecciona su educación, es decir, lleva consigo parte de la herencia cultural y tiene como misión lograr que sus discípulos la asimilen; por otro lado, los estudiantes son sujetos que se apropian de manera activa de la herencia cultural, que la escuela tiene la responsabilidad de transmitir y formar (Vigotsky, L. 1987), de manera que todos los sujetos implicados, transforman y se transforman.

La apropiación se considera una de las más diversas formas y recursos a través de los cuales el sujeto, de forma activa y en íntima relación con el medio sociocultural en que vive, hace suyos los conocimientos, las actitudes, los valores y las técnicas (López, J. y otros 2002, citado por Domínguez, 2012). En el proceso educativo el sujeto no solo se apropia de la

cultura, sino que la enriquece, la transforma y la construye. El aprendizaje representa el mecanismo a través del cual el sujeto se apropia de los contenidos y las formas de la cultura, en particular los relacionados con la estimulación de la creatividad en la escuela.

El diseño de la estimulación de la creatividad en la escuela, es propiciar el desarrollo de la personalidad de los estudiantes a partir de su contenido, de manera que su accionar se oriente hacia un aprendizaje desarrollador (Castellanos, D. 2005). Esta se convierte en fundamento del desarrollo cuando los conduce más allá de los niveles alcanzados en un momento determinado de su vida, y favorece la realización de aprendizajes que superen las metas ya alcanzadas. Esto se logra más eficientemente cuando las actividades de aprendizaje están comprendidas en la Zona de Desarrollo Próximo (ZDP) de los estudiantes (Vigostky, L. 1987), ya que la educación precede al desarrollo.

La estimulación de la creatividad y el desarrollo de la personalidad de los estudiantes, ambos fenómenos se logran mediante el proceso pedagógico, pero no de manera espontánea, sino en la unidad de las influencias educativas del colectivo pedagógico (Llorente 2016).

La historia de la enseñanza de la Matemática, revela la intención por la búsqueda de acciones para hacer pensar. Se destaca el padre Félix Varela, cuya labor estuvo encaminada a eliminar la escolástica y aportar una concepción científico-natural, que abriera el camino a clases no sólo teóricas, sino teórico-prácticas, que reflejaran los aportes científicos de aquella época y, por tanto, comenzaran a incentivar en los estudiantes un estilo de pensamiento encaminado al desarrollo de potencialidades creativas (González, 1997).

La Educación Matemática, como disciplina relacionada con su enseñanza, ha sido investigada desde diferentes enfoques y en la actualidad se señalan como una tendencia de la investigación en esta educación: el desarrollo de importantes capacidades mentales, el fomento del gusto por las matemáticas, el desarrollo del pensamiento matemático y la resolución de problemas (De Guzmán, 1989 citado por Arteaga 2002).

La tarea fundamental de la Educación Matemática es precisamente fomentar el desarrollo no de la creatividad matemática, la que entendemos es privativa solo de un grupo minoritario de estudiantes, sino de las potencialidades creadoras de cada uno de los estudiantes, a lo que algunos autores llaman creatividad general (Arteaga, 2002). En tal sentido se entiende por creatividad matemática a la cantidad de ideas en el proceso de resolución en dicha asignatura, y esta es privativa de un grupo de estudiantes ya que son ínfimos los estudiantes que poseen esta cualidad.

Sin lugar a dudas la creatividad general es la tarea fundamental de la Educación Matemática y esta implica desarrollo no de conocimientos y habilidades específicas, sino de aquellos recursos personológicos que están comprometidos con el comportamiento creador. No es que se ignore el papel fundamental de la instrucción matemática, sino que este se incluye dentro de la tarea que se propone.

La actividad de los educadores matemáticos no solo se limitó a sugerir normas didácticas, sino que incluyó además la creatividad, entre sus temáticas de investigación, cuestión esta que fue observada por Romberg, (1969), quien, en un intento por organizar las revisiones realizadas por él sobre los estudios efectuados en el campo de la educación matemática, reconoció la existencia de estudios sobre la resolución de problemas y comportamiento creativo, las que de hecho agrupó bajo esa categoría.

La resolución de problemas y la creatividad son conceptos independientes, pero estrechamente relacionados. El propio matemático húngaro Polya (1983) insistió en el valor de la creatividad para solucionar problemas que no se resuelven de forma rutinaria.

En la actualidad se pueden encontrar diversos estudios en la Educación Matemática que se pueden enmarcar en la línea “desarrollo de la inteligencia y la creatividad”; algunos de ellos llevan explícitamente este propósito y otros, aunque no lo declaran explícitamente, realizan aportes valiosos en esta dirección. (Artega, 2004; Llorente, 2014; 2016). Esto es sin mencionar que los psicólogos han encontrado en la educación matemática un excelente campo para sus investigaciones sobre la temática.

Las investigaciones en esta temática, van más dirigidas al desarrollo de la creatividad y el talento matemático en estudiantes talentosos, que al desarrollo de la creatividad general o de las potencialidades creadoras de cada uno de los estudiantes, pues pareciera que lo más importante es formar y desarrollar talentos matemáticos, como si el resto de los estudiantes, que no pueden, ni podrán nunca llegar a ser grandes talentos matemáticos, no pudieran ser estudiantes talentosos y creativos en otras esferas de la vida.

De hecho, no se puede hablar de creatividad matemática en todos los estudiantes, pues la creatividad no es una cualidad general que se manifiesta en todos los campos de actuación del sujeto (Mitjás, 1989). El estudiante es creativo en Matemática si le gustan las matemáticas, cosa que raramente ocurre en nuestras aulas. No se puede olvidar la influencia de lo afectivo-motivacional en el comportamiento creativo.

En esta dirección, sin dejar de atender a los talentos, es desarrollar, a partir de un conjunto de influencias educativas, dirigidas y estructuradas, los principales recursos personológicos que se han evidenciado como esenciales en la regulación del comportamiento creativo (Mitjans, 1995). Lo cual se logra en la medida en que los educadores matemáticos reconozcamos reconozcan que la matemática es un elemento esencial de la cultura de nuestra sociedad, que ella expresa necesidades culturales básicas de cada individuo, de cada comunidad, que las matemáticas se pueden construir y hacer si su génesis es el entorno familiar y social en el que el niño desarrolla su vida.

En la misma medida en que la Educación Matemática refleje y satisfaga los principales gustos y necesidades de nuestros estudiantes, esta incentiva un aprendizaje para la vida, que le permitirá a ese niño, adolescente o joven enfrentar la vida con una actitud creadora.

La creatividad juega un papel fundamental en la Educación Matemática; no obstante, en el proceso de enseñanza aprendizaje los educadores matemáticos deben tener en sus conocimientos ideas rectoras que en la investigación se declaran como aspectos no solucionados como la insuficiente conciencia de una enseñanza más creativa por los educadores matemáticos en los momentos actuales y que en los currículos de las matemáticas escolares no se contemplan suficientemente el desarrollo de las potencialidades creadoras de los estudiantes.

Por lo que en los educadores matemáticos de la actualidad no existe uniformidad de criterios con respecto al desarrollo de capacidades mentales, entre ellos las potencialidades creadoras. Muchos docentes precisan que la Matemática debe convertirse en el desarrollo de formas de pensamiento lógico.

La Educación Matemática es considerada prototipo del razonamiento, por su potencial, capaz de desarrollar el pensamiento lógico de los estudiantes; aunque en ocasiones tener un pensamiento lógico desarrollado obstaculiza al estudiante resolver determinados problemas (aritméticos, geométricos, etc.,) para los que se requiere de una elevada dosis de imaginación, fantasía y creatividad.

Una carencia real que tienen los educadores matemáticos en la actualidad, no solo es el desconocimiento del papel de las matemáticas escolares para el desarrollo de las potencialidades creadoras de los estudiantes, sino que, además, no poseen una preparación adecuada sobre la temática que estimule este desarrollo (Arteaga, 2002); debido a múltiples

razones que el investigador las asume como insuficiencias en la preparación de los educadores matemáticos:

- El desconocimiento de las vías y métodos para el desarrollo de las potencialidades creadoras de los estudiantes en el proceso de enseñanza aprendizaje de las matemáticas. La didáctica de la disciplina no ha avanzado mucho en esta dirección (Pérez, 2001; Zaldívar, 2009).
- La insuficiente información que tienen acerca de las potencialidades creadoras, avalada por la insuficiente cuantía de cursos en esta temática, y la insuficiente bibliografía que sobre la temática hay en nuestros centros de documentación e información pedagógica (Pérez, 2001; Pérez, 2014).
- Las creencias de los educadores matemáticos sobre la naturaleza de las matemáticas; no se consideran éstas como una actividad humana, como un elemento esencial de la cultura de cualquier sociedad, con margen para el desarrollo de las potencialidades creadoras de los estudiantes (Arteaga, 2004; Llorente, 2016).

2.2.2. Aspectos fundamentales en la estimulación de la creatividad en el preuniversitario cubano.

Establecidas las ideas más generales que los autores asumen respecto a la estimulación de la creatividad se analiza, a partir de los trabajos precedentes, los aspectos que se consideran fundamentales en el desarrollo de la estimulación de la creatividad en el preuniversitario cubano.

La estimulación de la creatividad se caracteriza también por la pluralidad de posiciones teóricas de partida, formas de interpretarlas al aplicarlas a campos concretos del aprendizaje y de técnicas para concretar su estimulación.

No obstante, un aprendizaje desarrollador (Castellanos, 2005) no se logra sin la estimulación de la creatividad, en particular la flexibilidad del pensamiento en el proceso de enseñanza aprendizaje de las Matemáticas; para ello existe una diversidad de técnicas creativas (Buzan, 1996) las cuales son mencionadas a continuación: mapas mentales, arte de preguntar, Brainstorming, relaciones forzadas, Scamper, listado de atributos, analogías, biónica, Sleepwriting, método Delfos, análisis morfológico, solución creativa de problemas, técnica clásica (fases del proceso creativo), relajación, el pensamiento mediante imágenes (la visualización), el aprendizaje del proceso creativo a través de los mitos de la Grecia y Roma

Antigua, tabla comparativa entre técnicas de creatividad, Ideart, Triz (teoría de resolución de problemas inventivos), Cre-in, técnica de Da Vinci y seis sombreros para pensar.

Los planes y programas de los distintos niveles de educación en Cuba tienen entre sus finalidades que los niños y adolescentes desarrollen habilidades y capacidades cognoscitivas y afectivas, que encuentran su concreción en la enseñanza creativa, la que se afianza además en necesidades relacionadas con las posibilidades para enfrentar el futuro, que no pueden dejar de lado este aspecto tan importante del individuo (MINED, 2012).

La incorporación a las prácticas pedagógicas de técnicas que desarrollen la creatividad, contextualizándolas con la estructura organizativa de los contenidos temáticos de las asignaturas ha sido un propósito en muchas investigaciones, caracterizada por que se intenta llegar a los mismos objetivos y metas de maneras diferentes.

Investigaciones previas en el área de la enseñanza de la Física han elaborado maneras específicas de estimular determinadas cualidades de las antes mencionadas (Pérez, 2001; Zaldívar, 2001). En particular se determinaron factores que median el desarrollo de la flexibilidad y la fluidez del pensamiento, durante el proceso de enseñanza–aprendizaje de la Física, y una propuesta metodológica para lograrlo (Zaldívar, 2001).

También se modeló la relación de los procesos analítico (abstracción), sintéticos y de generalización con la potencialidad creadora y criterios didácticos estimuladores de tales recursos mediante la solución de problemas en el contexto del proceso de enseñanza aprendizaje de la Física en la educación secundaria (Pérez, 2001).

En este sentido se aprecian como regularidades más generales las siguientes:

- La estimulación de la creatividad a partir de la resolución de problemas, en la que predomina la idea del vínculo de los contenidos de aprendizaje con situaciones del ambiente sociocultural del estudiante. Los problemas se toman como recurso didáctico para estimular el pensamiento, aspectos metodológicos, afectivos y volitivos. En algunos casos se toman también y la vez como recursos para la adquisición del conocimiento.
- Propiciar ambientes de aprendizaje en los que se jerarquice el trabajo en pequeños grupos y que donde el estudiante ensaye, compruebe, especule, descubra por sí mismo o con ayuda de los demás, las generalidades, las leyes, las reglas, las expresiones que están siempre tras algunas de las aplicaciones del contenido escolar.

- Utilizar métodos y técnicas diversas que estimulen y propicien las cualidades del pensamiento creador de los estudiantes. En esta dirección, los métodos problémicos se presentan de manera reiterada como vías para la estimulación de la creatividad.

Los objetivos de la Educación Preuniversitaria matemática en Cuba tienen en su enfoque a: demostrar, adoptar decisiones, formular y resolver problemas, desarrollar hábitos y a exponer sus argumentaciones (MINED, 2012), y no se es consecuente con la estimulación de la creatividad, en particular la flexibilidad del pensamiento, ya que esta categoría desarrolla el pensamiento lógico de los estudiantes durante el aprendizaje de las Matemáticas.

En la experiencia vivencial de la práctica pedagógica le permitieron permitió al investigador detectar dos insuficiencias relacionadas con el proceso de enseñanza aprendizaje de las Matemáticas en el preuniversitario cubano:

- No se ha encontrado en la bibliografía especializada consultada las especificidades de la estimulación del desarrollo de la flexibilidad del pensamiento en el contexto de la enseñanza aprendizaje de las matemáticas del preuniversitario.
- La estimulación de la creatividad en el contexto de la enseñanza aprendizaje de las matemáticas ha estado enfocada a la creatividad matemática y no a estimular el desarrollo de las personalidades de los adolescentes, ello a pesar de las potencialidades que para ello tiene.

Dentro de este proceso de formación del adolescente, en particular La enseñanza aprendizaje de la Matemática, se encuentra en un proceso de renovación de sus enfoques que persigue que los estudiantes adquieran una concepción científica del mundo, una cultura integral y un pensamiento científico que los habitúe a cuantificar, estimar, extraer regularidades, procesar informaciones, buscar causas y vías de solución, incluso de los más simples hechos de la vida cotidiana ante los problemas, científicos y tecnológicos (Llorente, 2016).

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICO METODOLÓGICA DE UNA CONCEPCIÓN PEDAGÓGICA CON ENFOQUE CREATIVO DEL APRENDIZAJE DE LAS MATEMÁTICAS PARA EL 10MO. GRADO DEL PREUNIVERSITARIO CUBANO.

Pensar es la potencialidad más preciada del ser humano, es la base de su aprendizaje. Se hace imprescindible liberar esa potencialidad para que el estudiante pueda desplegar su actividad creadora (Rico y Sierra, 1991).

Resulta necesario precisar que el desarrollo de las posibilidades intelectuales de los adolescentes no ocurre de forma espontánea y automática, sino siempre bajo el efecto de la educación y la enseñanza recibida, tanto en la escuela como fuera de ella.

Aunque en la actualidad se continúa y amplía el desarrollo que en la esfera intelectual ha tenido lugar en etapas anteriores. Así, desde el punto de vista de su actividad intelectual, los estudiantes del nivel medio superior están potencialmente capacitados para realizar tareas que requieren una alta dosis de trabajo mental, de razonamiento, iniciativa, independencia cognoscitiva y creatividad. Estas posibilidades se manifiestan tanto respecto a la actividad de aprendizaje en el aula, como en las diversas situaciones que surgen en la vida cotidiana del adolescente.

Tales aseveraciones cobran cada vez mayor relevancia debido a que la sociedad contemporánea se caracteriza por un acelerado desarrollo de la ciencia y la técnica, de manera que los conocimientos acumulados es imposible transmitirlos en la escuela, aunque muchos de ellos, son necesarios para resolver múltiples tareas que demanda el progreso social. Ello exige a los estudiantes a aprender por si mismos (Castellanos, 2005).

Lo expuesto anteriormente fundamenta el hecho de que uno de los objetivos primordiales de la Educación Matemática es que fomente en los estudiantes una actitud científica y desarrolle las potencialidades creadoras. Sin embargo, alcanzar este propósito se ha realizado desde diversas perspectivas teóricas y metodológicas y enfocados en muy diversos aspectos (Rico y Sierra, 1991).

El ciudadano de las sociedades actuales tendrá que dominar en sus estructuras básicas la actividad científica investigadora (Lage A., 2002) para aplicarla en su entorno laboral y social y ello corresponda con la actitud creativa que la época exige.

No obstante, Es necesario tener en cuenta que la estimulación de la creatividad es una necesidad social de la actualidad, puesto que este proceso se caracteriza por ser original, novedoso y flexible ante situaciones de la vida cotidiana representadas en la resolución de problemas matemáticos.

De acuerdo a los estudios y los análisis realizados en el epígrafe anterior, el autor de este trabajo, considera que el proceso enseñanza-aprendizaje de la matemática escolar, con carácter creativo debe caracterizarse por:

- Imbricar el sistema de conocimientos y de habilidades de esta asignatura y estimular su aplicación para despertar el interés y fomentar en los estudiantes el gusto

matemático; fusionado a la adquisición de informaciones sobre esta ciencia, así como biografías de grandes matemáticos, matizando sus aportes al desarrollo de esta rama del conocimiento.

- La implementación de acertijos, trucos, juegos, métodos y técnicas creativas que de la Matemática hagan una disciplina amena e interesante, sin que ello llegue a formar en los estudiantes una idea distorsionada de lo que es esta ciencia.
- La resolución de problemas matemáticos con un enfoque creativo debe ser la prioridad de esta asignatura, siempre que los contenidos lo permitan, relacionados con situaciones problemáticas de la vida cotidiana del estudiante y sean inherentes de su entorno sociocultural. Los problemas deben ser considerados como recurso didáctico tanto para la adquisición como para la fijación del conocimiento.
- Inducir que el estudiante transite por las diferentes etapas del proceso de enseñanza aprendizaje y descubra él mismo o con ayuda de sus compañeros de clase, las generalidades, las leyes, las reglas, las expresiones que están siempre tras algunas de las aplicaciones de la Matemática.
- Propiciar el comportamiento creativo y el desarrollo progresivo de la independencia cognoscitiva creadora de los estudiantes. Para este logro los métodos problémicos poseen las características para su cumplimiento.
- Desarrollar formas de pensamiento extralógico (no formal) y lógico (formal) que se complementan en la solución creativa de problemas, y que propician la aparición del producto creativo, una idea de solución novedosa u original, o una nueva relación.
- La evaluación del proceso debe propiciar la autovaloración y la autoevaluación en correspondencia con las metas asumidas por el estudiante.
- Desechar a los temarios cerrados, ya que se caracterizan por su única solución, con el objetivo de estos que los estudiantes puedan elegir y ejecutar las tareas o ítems del examen en correspondencia con su nivel real de posibilidades.
- Propiciar el aprendizaje tanto en la búsqueda del conocimiento como en la solución de problemas nuevos o no rutinarios que requieran de ingenio y creatividad para su solución.
- La motivación hacia el proceso de aprendizaje, que desarrolle los intereses, la seguridad emocional y que refuerce la autoestima, basado en la utilización del diálogo en el proceso de elaboración y formación del conocimiento.

Del análisis de las características creativas antes expuestas se pueden inferir un conjunto de exigencias del proceso de enseñanza aprendizaje de la Matemática en relación con la dirección de la actividad cognoscitiva independiente creadora de los estudiantes. Estas exigencias se resumen en:

- El enfoque creativo de los estudiantes centrado en la resolución de problemas vinculados con el entorno sociocultural.
- Transformaciones en los modos de actuación del docente (profesor) y del estudiante.
- Utilización de nuevos métodos y técnicas creativas en los estudiantes para la organización de dicho proceso.
- Relación de la resolución de problemas vinculados con su entorno sociocultural y las condiciones favorables que este brinda para el desarrollo de la creatividad en los estudiantes.
- La vinculación de la Educación Matemática con el entorno que rodea al estudiante, para prepararlo desde la vida y para la vida (Llorente, 2016).

En particular, la elección de la profesión representa una cuestión muy importante para el desenvolvimiento y las aspiraciones futuras del joven. Esta selección se convierte en el centro psicológico de la situación social, del desarrollo del individuo, pues es un acto de autodeterminación que presupone tomar una decisión y actuar en concordancia con algo lejano, lo que requiere cierto nivel de madurez (MINED, 2012).

3. CONCLUSIONES

La educación cubana en la actualidad tiene dentro de sus prioridades propiciar, y de manera consciente el desarrollo del proceso de enseñanza aprendizaje de las Matemáticas en los estudiantes del preuniversitario, primordialmente con un enfoque creativo, para de esta forma desarrollar las potencialidades creadoras inherentes del ser humano.

La estimulación del desarrollo de la flexibilidad del pensamiento se ha atendido a partir de factores subjetivos propios de la persona, aunque es insuficiente desde la perspectiva de las condiciones objetivas que propicien esas condiciones subjetivas, con el fin de que los estudiantes sean capaces de resolver los problemas y creativos ante estos.

Por lo que en este trabajo se realizó una caracterización del concepto creatividad abordados por investigadores desde diferentes puntos de vistas, dónde se tuvieron en cuenta para ella los rasgos fundamentales para de esta forma continuar en la profundización del tema,

favoreciendo así el desarrollo de la creatividad en el proceso de aprendizaje de las Matemáticas, mediante la formulación del objetivo, proponer una fundamentación teórico metodológica de una concepción pedagógica con enfoque creativo del aprendizaje de las Matemáticas para el 10mo. Grado del preuniversitario cubano.

Además, se vinculó el desarrollo de la creatividad con la escuela, teniendo en cuenta características fundamentales que debe tener esta para favorecer este concepto y propiciar así las potencialidades creadoras de los estudiantes en el preuniversitario.

4. REFERENCIAS

- ALENCAR, E. y SOUSA, D. (2010): Criatividade na educação superior: fatores inibidores. Avaliação, Campinas; Sorocaba, SP, Vol. 15, n. 2, p. 201-206, jul. 2010. Disponible en <http://www.scielo.br/pdf/aval/v15n2/a11v15n2.pdf> Consultado en septiembre de 2013.
- ARTEAGA, E. (2004). El sistema de tareas para el trabajo independiente creativo de los alumnos en la enseñanza de la Matemática en el nivel medio superior. Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Pedagógicas.
- BARBOSA, R. G. y Batista, I. L. (2010). A criatividade como uma referência para discutir as bases da ciência e do seu ensino. Disponible en <http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/viiienpec/resumos/R1723-1.pdf> Consultado 10 de mayo 2012.
- BASTER, G. W. (2002): La estimulación de la creatividad en proceso de enseñanza aprendizaje de los contenidos relacionados con la atmósfera, del programa Geografía 1. (Tesis inédita de Maestría). ISP "José de la Luz y Caballero". Holguín, Cuba.
- BERMÚDEZ, R. y PÉREZ, L. (2009). Creatividad y su desarrollo. Instituto Pedagógico Latinoamericano. La Habana.
- BETANCOURT M. J. (1992): Teorías y prácticas sobre creatividad y calidad. Editorial Academia. La Habana, Cuba.
- BOLAÑOS, P. (2014). Desarrollo de las potencialidades creativas en estudiantes. GestioPolis, Gestión del talento, En: extunfcg@infomed.sld.cu Consultado el 5 de agosto del 2014.
- CASTELLANOS, D. (2003): Aprender y enseñar en la escuela: Una concepción desarrolladora. Editorial Pueblo y Educación. La Habana.
- CASTELLANOS, D. (2005): Aprender y enseñar en la escuela. Una concepción desarrolladora, p. 21.
- CHELÁN, E. (2015). El enfoque creativo del trabajo metodológico en la formación del profesional d la carrera de Licenciatura en Educación Primaria. Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Pedagógicas. Holguín. Cuba.
- CRUZ R., M. (2002): Estrategia metacognitiva en la formulación de problemas para la enseñanza de la Matemática. (Tesis doctoral). ISP "José de la Luz y Caballero". Holguín, Cuba.
- DAUDINOT, B. I. (2006): Evolución de la concepción pedagógica acerca de las aptitudes intelectuales. (Tesis doctoral). ISP "José de la Luz y Caballero". Holguín, Cuba.
- DE BONO, E. (2006): Creatividad e inteligencia. Está en <http://www.monografías.com/trabajos10monogra.shtml> .

- DEL PRADO, D. (1996): Técnicas creativas y lenguaje total. Editorial Tórculo. Santiago de Compostela. España.
- DEL PRADO, D. (2010): Revista N° 21 – octubre 2010 – Sección Sentipensar la Matemática. 1. Está en www.mendomatica.mendoza.edu.ar.
- DOMÍNGUEZ C., Z. (2012): La educación energética de los estudiantes de la carrera de Licenciatura en Educación, especialidad de Matemática-Física. (Tesis doctoral). ISP “José de la Luz y Caballero”. Holguín, Cuba.
- GARCÉS, W. (2003): Desarrollo de modo de actuación para el trabajo con sistema de tareas en la formación inicial del profesor de Matemática. Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Pedagógicas, ISP José de la Luz y Caballero, Holguín, Cuba.
- GONZÁLEZ V., A. (1990): Cómo Propiciar la Creatividad. Editorial Ciencias Sociales. La Habana, Cuba.
- GONZÁLEZ V., A. (1994): PRYCREA. Desarrollo intelectual del potencial creador. Editorial Academia. La Habana, Cuba.
- GONZÁLEZ, F. (1997): prólogo del libro “Pensar y crear, educar para el cambio. Editorial Academia. La Habana, Cuba.
- LEYVA, A. Y MENDOZA, L. L. (2011). Competencia, creatividad y motivación: realidades y perspectivas. Pedagogía 2011 Curso 52.
- LLORENTE A., Y. (2016): La estimulación de la flexibilidad como cualidad de las potencialidades creadoras de los estudiantes mediante los contenidos matemáticos. (Tesis doctoral). Universidad de Holguín. Cuba.
- MARTÍNEZ LL., M. (1999): El desarrollo de la creatividad mediante la enseñanza problémica en la actualidad. Teoría y práctica. Curso preevento, Congreso Internacional Pedagogía '99. La Habana, Cuba.
- MARTÍNEZ S., M. (1988): Psicología del Desarrollo Científico en Aspectos metodológicos de la investigación científica. Universidad de Murcia por Wenceslao González, Editor, pp. 216 -233.
- MARTÍNEZ, M. (2009). El desarrollo de la creatividad. Teoría y práctica en la educación. Primera parte. Editorial Pueblo y Educación. La Habana. Cuba.
- MINED, (2011 a): Programas Educación Preuniversitaria. Editorial Pueblo y Educación. Cuba.
- MINED, (2012): Programas Educación Preuniversitaria. Editorial Pueblo y Educación. Cuba.
- MITJÁNS M., A. (1995): Creatividad, Personalidad y Educación. Editorial Pueblo y Educación. La Habana, Cuba.
- MITJÁNS M., A. (1997): Programas, técnicas y estrategias para enseñar a pensar y a crear. Un enfoque personalógico para su estudio y comprensión, en Pensar y crear, educar para el cambio. Editorial Academia, pp. 81 – 126. La Habana. Cuba.
- MONGEOTTI, P. (2003). ¿Qué es la creatividad? Hacia un paradigma psicológico. En: Inteligencia, creatividad y talento. Debate actual. Editorial Pueblo y Educación. La Habana. Cuba.
- PÉREZ P., N. (2001): La estimulación de las potencialidades creadoras mediante la resolución de problemas de Física en el nivel secundario. (Tesis doctoral). ISP “José de la Luz y Caballero”. Holguín, Cuba.
- POLO, R. (2014). Enfoque divergente del trabajo metodológico para la estimulación de la creatividad pedagógica en el profesional de la educación. Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Pedagógicas. Las Tunas. Cuba.
- SALDÍVAR C., M. (2001): La estimulación del desarrollo de la fluidez y la flexibilidad del pensamiento a través del proceso de enseñanza aprendizaje de la Física en el nivel medio. (Tesis doctoral). ISP “José de la Luz y Caballero”. Holguín.

LAS MATEMÁTICAS COMO RECURSO PARA ESTIMULAR EL DESARROLLO DE LA FLEXIBILIDAD COMO CUALIDAD DE LAS POTENCIALIDADES CREADORAS DE LOS ESTUDIANTES EN EL PREUNIVERSITARIO

Testa, A. (2001). La creatividad técnica en la educación laboral de la enseñanza media básica. Vías metodológicas que propician su desarrollo. Tesis presentada en opción al Grado de Doctor en Ciencias Pedagógicas.

VICTOROVNA, E. (2015). El desarrollo de la creatividad en los estudiantes de Técnico Medio en electricidad durante la práctica laboral. Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Pedagógicas. Holguín. Cuba.

VIGOTSKY L., S. (1987): Pensamiento y Lenguaje. Editorial Pueblo y Educación. La Habana, Cuba.



Normas de Publicación para Autores

REVISTA BASES DE LA CIENCIA

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

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

La revista BASES DE LA CIENCIA (ISSN WEB: 2588-0764), está dirigida a autoridades, docentes, estudiantes de maestría y doctorado, emprendedores, investigadores, profesionales, instituciones públicas y privadas y todas las personas interesadas por las áreas de ciencias biológicas, físicas, matemáticas, químicas y geociencias. Se encuentra disponible en versión digital con acceso libre (<http://revistas.utm.edu.ec/index.php/Basedelaciencia/index>) y no tiene costos asociados por publicación.

ENVIO DE LOS MANUSCRITOS

La recepción de los artículos es permanente. Los autores que deseen publicar pueden solicitar el registro en la Revista bases de la ciencia, enviando los siguientes datos: nombre, apellido, afiliación institucional, país, temática en la cual estaría dispuesta a ser revisor externo de la revista, al siguiente correo revistabasesdelaciencia@gmail.com y se le asignara un usuario y clave. La clave es temporal puede ser modificada por el investigador. También pueden registrarse directamente en el Open Journal System (<http://revistas.utm.edu.ec/index.php/Basedelaciencia/user/register>) y enviar desde allí el artículo con una carta de intención y aprobación en la que se debe indicar lo siguiente: Nombre(s) completo(s) del(los) autor(es) y direcciones para envío de correspondencia (es necesario colocar una dirección de correo electrónico con el autor o persona encargada con la cual estableceremos contacto). Se debe llenar los 2 formatos siguientes: 1.- Cesión de derechos y 2.- Solicitud de publicación de artículo.





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

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

Artículos aceptados por la revista Bases de la Ciencia

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

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

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

b. Las Notas Técnicas o Comunicaciones Cortas se escriben de forma corrida con la estructura siguiente: Título, autores y procedencia, Resumen, Introducción, Metodología (si el autor desea



puede ser dividido en Materiales y Métodos), Resultados y Discusión, Conclusiones, Referencias.

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

Los artículos deben someterse a arbitraje en línea a través de la siguiente dirección: <http://revistas.utm.edu.ec/index.php/Basedelaciencia>. Presentar el artículo mediante comunicación escrita dirigida al Director (a) de la Revista Bases de la Ciencia, en soporte digital a los Correos electrónicos: revistabasesdelaciencia@utm.edu.ec; revistabasesdelaciencia@gmail.com. En la comunicación escrita el autor debe expresar el tipo de documento (artículo original, nota técnica, comunicaciones cortas o revisiones) y sección a la que postula su trabajo (Ciencias físicas, Ciencias Químicas, Ciencias Matemáticas, Ciencias Biológicas o Geociencias). Debe adjuntar la hoja de vida del autor en Correspondencia, y carta de postulación en la que exprese claramente que conoce y acepta la política editorial de Bases de la Ciencia; cede los derechos de reproducción y distribución del artículo; la originalidad del trabajo y su declaración de que no tiene conflicto de intereses (en lo comercial, propiedad intelectual, relevancia académica, financiero). Llenar formatos de Cesión de derechos y Solicitud de publicación.

ESTRUCTURA DE LOS ARTÍCULOS

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

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

2. Autores. Deben indicarse nombres, apellidos y títulos profesionales. Ejemplo:

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

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

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

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

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

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

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

7. Metodología (Materiales y métodos). esta sección tiene como propósito entregar información para que el estudio sea replicado. Se redacta en pasado. Debe señalar cómo estudió el problema,

por tanto, expresar claramente todos los protocolos, métodos y características relevantes de los materiales empleados para llegar a los resultados. No debe describirse un método si ya está descrito en la bibliografía; basta con presentar la cita bibliográfica. Si utiliza un método modificado, debe señalarse claramente la modificación. Es fundamental presentar los materiales evaluados (especificaciones técnicas, cantidades, procedencia o método de preparación, nombres genéricos o químicos evitando los comerciales), y el análisis estadístico (debe realizarse mediante software especializado).

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

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

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

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

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

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



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

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

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

Solicitud de Publicación de Artículo

Día de Mes del Año

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





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

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

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

En espera de su respuesta, atentamente;

	Nombres y Apellidos	Firma
Autor 1		
Autor 2		
Autor 3		
Autor 4		
Autor 5		
Autor 6		

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

Código de Ética de los Autores

1. La responsabilidad principal del autor es presentar para su publicación una descripción científica y rigurosa de su trabajo de investigación experimental, teórica o tecnológica, con una discusión objetiva de sus resultados.



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

Responsabilidades éticas





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

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

Conflicto de Intereses: Ninguno.

Envíe este documento en formato **.pdf**

Día de Mes del Año

A: Comité Editorial





Cesión de Derechos de Autor

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

Título del artículo

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

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

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

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

	Nombres y Apellidos	Firma
Autor 1		
Autor 2		
Autor 3		
Autor 4		
Autor 5		
Autor 6		

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



CONSEJO EDITORIAL

DIRECTORA

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

EDITOR GENERAL

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

EDITORES POR SECCIÓN

BIOLOGÍA

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

MATEMÁTICA

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

Dr. Michel Enrique Gamboa
Gaus. (**Cuba**)/michelgamboagaus@gmail.com, michelgg@ult.edu.cu, michelenriquegg@ya
hoo.com/ Universidad de las Tunas, Las Tunas (Cuba)

QUÍMICA

Dr. Gilberto Colina. (**Venezuela**)/gjcolinaa@gmail.com / Universidad del Zulia.





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

APOYO LOGÍSTICO E INFORMÁTICO

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

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

CORRECTOR DE TRADUCCIÓN DEL IDIOMA ESPAÑOL AL INGLÉS

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

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

CORRECTOR DE TRADUCCIÓN DEL IDIOMA ESPAÑOL AL PORTUGUÉS

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

COMITE EDITORIAL INTERNO

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

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

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

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

COMITE EDITORIAL EXTERNO

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

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

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

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

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

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

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





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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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





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

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

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

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

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

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

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

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

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

MSc. Juan Miguel Espinosa Soto. (**Ecuador**)/juanmiguelmanos@gmail.com / Pontificia Universidad Católica del Ecuador (PUCE)

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





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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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





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

Dr. Alberto Luis Rosa (**Argentina**)/alrosa@ucc.edu.ar / Universidad de Córdoba

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

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

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

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

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

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

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

Asesor de Gestión e Imagen

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





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

Revista del Instituto de Ciencias Básicas

e-ISSN: 2588-0764

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

Dirección: Av. Urbina y Che Guevara

Apartado postal: 82

Teléfonos: (593-5) 2651613

Portoviejo - Manabí - Ecuador