



BASES DE LA CIENCIA

Revista Científica - Instituto de Ciencias Básicas





Índice

Ciencias Químicas

Algunos aportes en la extracción de vanadio, níquel y azufre en petrocoque 1

Ligbel Sánchez Castillo, Gusdanis Alberto Campos García, Ana Beatriz Cáceres

Extracción secuencial de plomo y vanadio en sedimentos del río Catatumbo utilizando FAAS, ETAAS e ICP-AES 13

Julio Cesar Torres Puentes, Marinela Colina, Yulixis Nohemi Cano de Torres

Ciencias Matemáticas

Reflexiones sobre el concepto de problema matemático 25

Karel Pérez Ariza, Ernesto Álvarez García, Carlos Breña Rivero

La didáctica de la geometría en función del desarrollo tecnológico de la pedagogía contemporánea 35

Henry Fernández Rodríguez, Michel Enrique Gamboa Graus

Áreas Afines

Desarrollo de la habilidad interpretar problemas químicos con cálculo 51

Marianela Parra Aguilera, Michel Enrique Gamboa Graus, Juana López Toranzo,

Regla Ywalkis Borrero Springer

Guía de autores 75

ALGUNOS APORTES EN LA EXTRACCIÓN DE VANADIO, NÍQUEL Y AZUFRE EN PETROCOQUE

Dra. Ligbel Sánchez Castillo^{*1}, Dr. Gusdanis Alberto Campos García², Dra. Ana Beatriz Cáceres²

¹Laboratorio de Química Ambiental. ²Laboratorio de Desarrollo de Métodos de Análisis. Departamento de Química. Facultad Experimental de Ciencias. Universidad del Zulia. Maracaibo, Venezuela. albertocampos80@gmail.com, anacaceres7@gmail.com

^{*}Autor para la correspondencia. Email: ligbels@gmail.com

Recibido: 1-9-2016 / Aceptado: 24-10-2016

RESUMEN

Se presentan algunas contribuciones procedimentales para la extracción de vanadio (V), níquel (Ni) y azufre (S) en petrocoque. Las muestras se sometieron a varios procesos de extracción inducidos por agitación mecánica a 50°C, radiación UV y microondas, empleando como agentes extractantes: HCl:HNO₃ (1:1) al 10 y 20%, H₂O₂ al 30%, HCl al 10%, NH₄OH al 10 y 20% y H₂O desionizada. La caracterización de las muestras y la cuantificación de los elementos estudiados, se realizó por análisis elemental, análisis térmico, cromatografía iónica, espectrometría de emisión atómica con plasma acoplado inductivamente (ICP-AES) y fluorescencia de rayos X (XRF). Se encontró la mayor eficiencia, induciendo la extracción con radiación microondas, obteniendo 41% para S con una solución al 20% de HCl:HNO₃ (1:1) y para V de 20% con H₂O₂. La agitación mecánica a 50°C resultó eficiente para la extracción de Ni (2,5%) con HCl:HNO₃ (1:1) al 10%. De igual manera, resultó una excelente alternativa para la extracción de S, alcanzando valores hasta de 26%. De forma similar, los procedimientos inducidos con radiación UV, también resultaron eficientes en la extracción de S, obteniendo entre 26 y 37% con las soluciones de ácidos al 20%, NH₄OH al 10% y H₂O₂. Por otra parte, empleando la extracción Soxhlet solo con H₂O desionizada, se demostró que es posible extraer hasta un 6% de V, Ni y S presentes en el petrocoque, lo que sugiere que estos elementos se encuentren disponibles en el ecosistema circundante a los depósitos de coque en las refinerías.

Palabras clave: Petrocoque, extracción de V, Ni y S, contaminación ambiental.

SOME CONTRIBUTIONS IN THE EXTRACTION OF VANADIUM, NICKEL AND SULFUR IN PETCOKE

ABSTRACT

Some procedural contributions for the extraction of vanadium (V), nickel (Ni) and sulfur (S) are presented in petcoke. The samples were subjected to various extraction processes induced by mechanical stirring at 50°C, UV and microwave radiation, using as extractants agents: 10 and 20% HCl:HNO₃ (1:1), 30% H₂O₂, 10% HCl, 10 and 20% NH₄OH and deionized H₂O. The characterization of the samples and quantification of the studied elements was carried out by elemental analysis, thermal analysis, ion chromatography, atomic emission spectrometry and inductively coupled plasma (ICP-AES) and X-ray fluorescence (XRF). It found greater efficiency, inducing extraction under microwave irradiation, obtaining S extractions of 41% with a 20% solution of HCl:HNO₃ (1:1) and 20% of V with H₂O₂. The mechanical stirring at 50°C was efficient for the extraction of

Ni (2.5%) with 10% HCl:HNO₃ (1:1). Similarly, it proved an excellent alternative for extraction of S, reaching percentages up to 26%. The UV radiation induced methods also were effective in removing S, getting between 26 and 37% with 20% of acid solutions, 10% NH₄OH and H₂O₂. On the other hand, using the Soxhlet extraction alone with deionized H₂O, it was shown that it is possible to extract up to 6% of V, Ni and S present in the petcoke, suggesting that these elements are available in the surrounding ecosystem coke deposits in refineries.

Key words: Petcoke, extraction of V, Ni and S, environmental pollution.

1. INTRODUCCIÓN

El coque de petróleo o petrocoque, es un producto residual de elevado contenido de carbono, resultante de la pirólisis de las fracciones pesadas obtenidas en la refinación del petróleo (Birghila, Carazeanu, 2013; Jin, Qian, Chuan, Songyun, 2013; Hassan, 2014; Salazar, Pérez, Urbina, Meza, 2015). Entre los procesos de coquización de petróleo que se encuentran operando actualmente en Venezuela, se tienen la coquización retardada y la flexicoquización. El primero, se basa en procesos de craqueo, polimerización y condensación simultánea a 480 y 510°C (Salazar et al., 2015), mientras que el segundo, es más amigable al ambiente y consiste en la inyección del residuo fluidizado a 523°C, seguida de la gasificación del coque y posterior craqueo térmico a 540°C, que permite obtener hidrocarburos livianos y partículas de coque fluido que forman el flexicoque (Salazar et al., 2015). Estos procesos generan coque rico en azufre (S), entre 2 y 7%, y metales pesados como el níquel (Ni) y vanadio (V), lo cual limita sus aplicaciones industriales y ocasiona serios problemas de contaminación ambiental, así como de transporte y almacenamiento (Santos, Da Silva, Renó, 2015; Katz, 2001). Como una alternativa para minimizar la contaminación causada por el uso del petrocoque, se han desarrollado ciertas investigaciones sobre los procesos que disminuyen las concentraciones de metales y de azufre en el petrocoque: extracción con solventes orgánicos (Ratanakandilok, Ngamprasertsith & Prasassarakich, 2001; Aslanov & Anisimov, 2004), hidrotratamiento catalítico (Speight, 1999; Liu, Xu, Gao, 2004; Babich & Moulijn, 2003), tratamiento biológico (Mohebbi & Ball, 2008; Wang, Xu, Yang & Gao, 2011), tratamiento con hidrocarburos gaseosos (Babich et al., 2003), tratamiento térmico a diferentes condiciones ácidas o básicas (Al-Haj-Ibraim & Morsi, 1992; Meffe, Perkson & Trass, 1996; Samit & Borthakur, 2003; Pysh'yev, Gayvanovych, Pattek-Janczyk, Stanek, 2004; Uzun & Ozdogan, 2004; Muherjee & Borthakur, 2001), tratamiento con sorbentes (Zhagn, Sato, Ninomiya, Sasaoka, 2003; Jochová et al., 2004), tratamiento directo con ultrasonido (Shimizu et al., 1997) y con microondas (Elsamak et al., 2003; Kräuter & Pérez, 2003; Pérez, Sanchez & Requena, 2001), oxidación con peróxido de hidrógeno (Borah, Baruah & Haque, 2001), entre otros.

La mayoría de estos métodos, aunque presentan buenos rendimientos, requieren condiciones operativas severas, son lentos, potencialmente contaminantes, destructivos o usan catalizadores. En este trabajo se plantearon algunos aportes en cuanto a los tratamientos químicos de extracción para V, Ni y S en el petrocoque venezolano, empleando condiciones suaves de temperatura y menores tiempos de contacto así como extractantes acuosos, con el propósito de minimizar la contaminación ambiental y el daño a la salud atribuibles a las emisiones por el uso de este subproducto del petróleo, aumentando su valor agregado como fuente de energía y de metales para diversas industrias.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Muestras

Se evaluaron diversas muestras de coque de petróleo suministradas por el Complejo Refinador de Paraguaná del Estado Falcón, Venezuela: coque retardado, flexicoque de alto vanadio y flexicoque de bajo vanadio.

2.2. Reactivos

Se emplearon los siguientes reactivos: ácido nítrico (HNO_3 65%, Fluka), ácido clorhídrico (HCl 37%, Riedel de Haën), sulfato de níquel hexahidratado ($\text{NiSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 99,9%, Fischer), metavanadato de amonio (NH_4VO_3 , Baker Analyzed), peróxido de hidrógeno (H_2O_2 30%, Riedel de Haën) e hidróxido de sodio (NaOH 99%, Riedel de Haën).

2.3. Pretratamiento del petrocoque para la determinación de vanadio y níquel total

Se eliminó la materia orgánica de las muestras de petrocoque para la determinación de V y Ni total, calcinando 0,4 g de muestra en un horno mufla Heatech, modelo 4861 por 6 h a 480°C , y la posterior digestión tuvo lugar en un microondas convencional Panasonic, de 1200 W, añadiendo a las cenizas 2 mL de HNO_3 y 1 mL HCl concentrado e irradiándolas de 2 a 3 min, con tiempo suspendido, a 50% de potencia.

2.4. Extracciones de vanadio, níquel y azufre de las muestras de petrocoque

Se tomaron dos masas de muestras de petrocoque 0,5 y 1,0 g y se sometieron a los procesos de extracción con HNO_3 : HCl , H_2O_2 y NaOH 99%. La inducción de los procesos

de extracción se realizó con: agitación mecánica con control de temperatura (Thermo Scientific, modelo 2872), a 75 rpm y 50°C; radiación UV con una lámpara de baja presión de mercurio (Heraeus Noblelight) con y sin agitación magnética, finalmente se aplicó la radiación con microondas, utilizando un microondas CEM, MDS 81D, de 650 W de potencia. Por otro lado, se aplicó la técnica de extracción Soxhlet con agua desionizada como extractante. Los extractos se colectaron a través de un sistema de microfiltración al vacío, usando filtros de celulosa de 0,2 μm y midiendo su volumen.

2.5. Cuantificación de vanadio, níquel y azufre en los extractos de petrocoque venezolano

Los extractos colectados y las muestras originales se analizaron con un espectrómetro de emisión atómica con plasma acoplado inductivamente (ICP-AES axial Varian Liberty AX), para la determinación de V y Ni. Las condiciones de operación se presentan en la **Tabla 1**.

Tabla 1. Condiciones de operación del ICP-AES axial Varian, Liberty AX

Potencia	1,20 kW
Flujo de argón en el plasma	15,0 L/min
Flujo auxiliar de argón	1,5 L/min
Presión de nebulizador	200 kPa
Voltaje del tubo fotomultiplicador	650 V
Velocidad de bomba peristáltica	15 rpm
Longitud de onda:	
Ni	341,476 nm
V	294,457 nm

Se utilizó un analizador elemental LECO S-144 DR y un analizador térmico LECO AC-350, para determinar el contenido de S total y el poder calorífico en las muestras de coque de petróleo; los análisis próximos, último y de poder calorífico se realizaron cumpliendo con las normas ASTM D4239-04 [Standard Test Methods, D4239-04], ASTM D5865-04 [Standard Test Methods, D5865-04], respectivamente. La concentración de S en las muestras de petrocoque extraídas, se determinó utilizando un espectrómetro de energía dispersiva de fluorescencia de rayos X (XRF) marca Shimadzu EDX-700HS, operado a 50 kV y 30 mA, con tubo de rayos X con ánodo de rodio y con analizador de cristales. Se empleó también un cromatógrafo iónico DIONEX LC20 para la determinación de S en los

extractos líquidos, en forma de SO_4^{2-} , con detector de conductividad CD20 y una bomba de gradiente GP40, operado siguiendo las condiciones indicadas en la **Tabla 2**.

Tabla 2. Condiciones de operación del Cromatógrafo Iónico LC20 DIONEX

Eluyente	NaHCO_3 1,7 mM / Na_2CO_3 1,8 mM
Regenerante	H_2O desionizada
Columna	AS4A
Precolumna	AG4A 4 mm
Supresora	ASRS ultra II 4 mm
Detector	Conductividad
Flujo	0,8 – 1,0 mL/min
Presión de aire	< 600 PSI
Atenuación	50 μS
Tiempo de retención de SO_4^{2-}	7,9 – 8,9 min

3. RESULTADOS Y DISCUSION

3.1. Concentraciones totales de vanadio, níquel y azufre en el petrocoque venezolano

Para el análisis del petrocoque por ICP-AES, las muestras se calcinaron y digirieron para obtener las especies metálicas de V y Ni en solución acuosa; mientras que el S se determinó por análisis elemental sin ningún pretratamiento. En la **Tabla 3** se presentan los resultados de la concentración total de los tres elementos estudiados en muestras de petrocoque venezolano previo a los procesos de extracción.

Tabla 3. Concentraciones de V, Ni y S total en muestras de petrocoque venezolano

Tipo de petrocoque	Ni (mg/kg)	V (mg/kg)	S ^a (%)	PC ^{a,b} (Btu/lb)
Coque retardado	240,0 ± 12,4	2092,0 ± 77,5	4,9	15065
Flexicoque alto vanadio	1933,1 ± 25,6	31847,7 ± 351,2	3,5	13551
Flexicoque bajo vanadio	1191,9 ± 51,5	12083,0 ± 608,3	2,5	13105

^a número de muestras, n=2 y desviaciones estándar relativas (DER) < 10%, ^b Poder Calorífico

Se puede observar que las muestras poseen V en mayor concentración que el Ni hasta un máximo de 16X. Esto se debe a que los crudos venezolanos presentan elevadas concentraciones de metales, principalmente V y Ni en forma de compuestos metalorgánicos de tipo porfirinas y no porfirinas, las cuales están asociadas a las fracciones más polares y pesadas de los crudos, por lo que luego del proceso de refinación estas especies se concentran en el petrocoque (Campos *et al.*, 2012). Por otra parte, al comparar las muestras de coque retardado con las de flexicoque, se aprecia que estas últimas poseen mayor contenido de metales, pero menor contenido de S, lo que demuestra que el proceso de flexicoquización es más amigable al ambiente porque genera un producto con menor potencialidad a la contaminación por emisiones de azufre a la atmósfera (Santos *et al.*, 2015; Katz, 2001; Moheballi *et al.*, 2008). En este sentido, ha sido reportado que el S en el petrocoque existe como S orgánico e inorgánico; el S inorgánico se encuentra entre 0,04 y 1% del S total, en forma de sulfatos y azufre pirítico. La mayor parte del S en el petrocoque existe como S orgánico condensado en la matriz carbonosa en forma de tioles, tiofenos, benzotiofenos, dibenzotiofenos, entre otros. Debido a que el proceso de coquización supera los 480°C y los tioles se descomponen a 450°C, es muy probable que estas especies no se encuentren en el coque, mientras que los tiofenos y compuestos poliaromáticos de S son mucho más estables a esas temperaturas (descomposición térmica a los 900°C), de tal forma que se estima encontrarlos en esta matriz carbonosa (Birghila *et al.*, 2013; Jin *et al.*, 2013; Hassan, 2014; Katz, 2001).

3.2. Estudios de recuperación de vanadio y níquel en muestras de petrocoque venezolano

Para asegurar la confiabilidad de la cuantificación de V y Ni total se realizó un estudio de recuperación, el cual demostró que el procedimiento de calcinación y digestión de las cenizas de petrocoque, resulta adecuado para el análisis de estos metales. Las recuperaciones para el V se obtuvieron en $97 \pm 3\%$ y en un $93 \pm 4\%$ para el Ni, lo que evidencia que los tratamientos aplicados a las muestras estudiadas no generan pérdidas significativas y representan una alternativa confiable para la cuantificación de estos metales.

3.3. Evaluación de la extracción de vanadio, níquel y azufre de muestras de petrocoque venezolano

Luego de determinar la concentración total de las especies químicas estudiadas en las

muestras de petrocoque, se procedió a la aplicación de varios procedimientos de extracción de V, Ni y S con el propósito de encontrar las condiciones de mayor eficiencia para la remoción de los mismos. En la **Tabla 4** se observan los diferentes tipos de procesos de inducción para la extracción de Ni en muestras de coque retardado. Empleando la mezcla de HCl:HNO₃ al 10%, se obtuvo un rendimiento de 2,5% en agitación a 50°C y 1,7% con microondas. El Ni debe encontrarse en el petrocoque formando compuestos o especies químicas en su forma más oxidada, por lo que al usar extractantes con alta capacidad oxidante no se observan altos rendimientos en la extracción de este metal.

Tabla 4. Extracción de Ni de las muestras de coque retardado

	Extractantes	Inducción de los procesos de extracción ^a			
		Agitación mecánica 50°C ^b	Radiación UV sin agitación ^b	Radiación UV con agitación ^c	Radiación microondas ^d
Extracción de Ni (%)	HCl:HNO ₃ 10%	2,50	0,10	0,24	1,73
	HCl:HNO ₃ 20%	0,50	0,30	0,05	0,05
	HCl 10%	0,30	0,85	0,48	0,12
	NH ₄ OH 10%	0,47	0,31	0,42	0,50
	NH ₄ OH 20%	0,38	0,80	0,05	0,14
	H ₂ O ₂ 30%	0,27	0,09	0,24	0,19
	H ₂ O	0,17	0,09	0,05	0,03

^an=3 y DER <10%^b1 g muestra; 10 mL extractante; 1 h; 50°C^c0,5 g muestra; 5 mL extractante; 1 h; 50°C^d0,5 g muestra; 5 mL extractante; 3 min; 650 W

Se ha reportado que la extracción de Ni, en diferentes matrices, requiere condiciones drásticas de temperatura y altas concentraciones de ácidos para removerlo, además lo consideran como un metal residual ya que en tratamientos de extracciones secuenciales permanece asociado a la matriz, mostrando que posee formas estables (Fernández *et al.*, 2006). Se conoce que las condiciones extremas de temperatura a las que son sometidos los hidrocarburos pesados en la formación del coque de petróleo permiten la formación de hidrocarburos aromáticos policondensados de altas masas moleculares y bajo contenido de hidrógeno (fase de nucleación homogénea o mesofase). Los metales presentes pueden quedar incluidos entre las moléculas como parte de las estructuras aromáticas condensadas, impidiendo su extracción (Kraüter & Pérez, 2003; Jin-Sheng *et al.*, 2006; PDVSA, 2008).

En la **Tabla 5** se presentan los porcentajes de extracción de V en las mismas muestras. El mayor rendimiento se encontró empleando H_2O_2 al 30%, alcanzando un 20% de extracción, seguido por la mezcla de ácidos al 10 y 20%, obteniendo 4 y 2% de V, respectivamente. La eficiencia en la extracción asistida por microondas se debe a que esta radiación interactúa con las moléculas que poseen momentos dipolares, induciendo movimientos en el mismo sentido de las radiaciones y aumentando la temperatura del sistema por fricción y choques moleculares, optimizando así el contacto entre el extractante y la muestra, permitiendo una mejor extracción de V. En general, este metal es más reactivo que el Ni, debido a la disponibilidad en su distribución electrónica y menor radio iónico, permitiendo formar especies oxidadas que le dan características de mayor movilidad en estas matrices.

Tabla 5. Extracción de V de las muestras de coque retardado

	Extractantes	Inducción de los procesos de extracción ^a			
		Agitación mecánica 50°C ^b	Radiación UV sin agitación ^b	Radiación UV con agitación ^c	Radiación microondas ^d
Extracción de V (%)	HCl:HNO ₃ 10%	0,22	0,12	0,30	3,58
	HCl:HNO ₃ 20%	0,09	0,09	0,33	2,20
	HCl 10%	0,02	0,07	0,21	0,17
	NH ₄ OH 10%	0,08	0,11	0,09	0,14
	NH ₄ OH 20%	0,11	0,12	0,003	0,10
	H ₂ O ₂ 30%	0,19	0,06	0,03	19,9
	H ₂ O	0,07	0,04	0,05	0,20

^a n=3 y DER <10%

^b 1 g muestra; 10 mL extractante; 1 h; 50°C

^c 0,5 g muestra; 5 mL extractante; 1 h; 50°C

^d 0,5 g muestra; 5 mL extractante; 3 min; 650 W

Los resultados de la extracción de S se presentan en la **Tabla 6**, en la cual se evidencia una remoción de las especies sulfuradas en cantidades apreciablemente importantes, tomando en cuenta el posible reuso de estos residuos de la empresa petrolera como fuente de energía en hornos y calderas. El valor más alto, 41% de S, se obtuvo con la inducción por microondas usando la mezcla de extractantes HCl:HNO₃ al 20%; de igual forma con la solución de HCl:HNO₃ al 10% y de NH₄OH al 20%, se obtuvieron 32 y 31% de S, respectivamente. La extracción inducida por radiación UV favoreció eficientemente la remoción de S en la muestra de coque evaluada, ya que logró una extracción del 37% con la mezcla HCl:HNO₃ al 20%, y alcanzó un 27% de extracción con la solución de NH₄OH.

Tabla 6. Extracción de S de las muestras de coque retardado

	Extractantes	Inducción del proceso de extracción ^a			
		Agitación 50°C ^b	Radiación UV sin agitación ^b	Radiación UV con agitación ^c	Radiación microondas ^d
Extracción de S (%)	HCl:HNO ₃ 10%	14,22	18,48	5,88	31,76
	HCl:HNO ₃ 20%	21,02	24,50	36,95	41,38
	HCl 10%	8,64	5,50	11,97	14,16
	NH ₄ OH 10%	11,21	27,10	1,83	11,19
	NH ₄ OH 20%	13,17	22,12	2,43	30,72
	H ₂ O ₂ 30%	18,21	26,32	1,29	23,30
	H ₂ O	25,99	15,04	3,96	17,30

^a n=3 y DER <10%^b 1 g muestra; 10 mL extractante; 1 h; 50°C^c 0,5 g muestra; 5 mL extractante; 1 h; 50°C^d 0,5 g muestra; 5 mL extractante; 3 min; 650 W

Los procesos de extracción con H₂O₂ al 30% y H₂O desionizada, inducidos con radiación UV y agitación a 50°C respectivamente, aportaron 26% de S en cada caso, lo cual es una propuesta interesante a nivel industrial y ambiental. La disponibilidad de los compuestos sulfurados, tanto adsorbidos en los poros como incluidos en la matriz carbonosa del petrocoque (Requena *et al.*, 2008), permitió que se obtuvieran porcentajes de extracción de S más altos que los encontrados para los elementos metálicos estudiados.

Por la importancia que tiene la extracción con agua desde el punto de vista ambiental, en la **Tabla 7** se presentan los resultados obtenidos al someter las muestras de coque de petróleo a un proceso de extracción Soxhlet usando agua desionizada como extractante.

Se encontraron valores de remoción de V, Ni y S que representan hasta un 6%, lo que permite suponer que con la acción de las lluvias y las condiciones ambientales a las que están expuestos los depósitos de coque en las refinerías, podrían lixivarse estas especies químicas a los suelos, aguas subterráneas y los ecosistemas acuáticos circundantes. Desde el punto de vista industrial, la recuperación de estas especies bajo condiciones suaves de temperatura y en presencia solamente de agua, sería un acierto ecológico y económico, debido a la simplicidad del método y mínimo aporte ecotóxico al ambiente (Santos *et al.*, 2008).

Tabla 7. Extracción de V, Ni y S en diversas muestras de coque de petróleo, usando el método de Soxhlet con agua desionizada^a

Muestra	V (%)	Ni (%)	S-SO ₄ ²⁻ (%)
Coque retardado	0,87 ± 0,08	0,27 ± 0,02	1,08 ± 0,09
Flexicoque alto vanadio	6,32 ± 0,51	1,02 ± 0,07	3,83 ± 0,20
Flexicoque bajo vanadio	6,75 ± 0,37	2,87 ± 0,27	0,74 ± 0,01

^a 5 horas de extracción, relación L/S = 12,5 (250 mL H₂O y 20 g muestra), 100°C.

^b azufre en forma de sulfato.

4. CONCLUSIONES

La radiación por microondas presentó los más altos porcentajes de extracción de vanadio y azufre, siendo el proceso de inducción más eficiente para la extracción de estas especies, mientras que para el níquel se encontraron mejores resultados con la agitación mecánica a 50°C. Los extractantes que mostraron los mayores rendimientos de extracción son: la solución HCl:HNO₃ al 20%, con un 41% de extracción de azufre; el H₂O₂ al 30% que generó un 20% de vanadio y la mezcla HCl:HNO₃ al 10%, con 2,5% de níquel en los lavados. Otras fuentes importantes de inducción que favorecen el proceso de extracción de azufre son la radiación UV, empleando H₂O₂ al 30%, y la agitación a 50°C con H₂O desionizada, ya que aportaron 26% de azufre en ambos casos. En este estudio se encontró que podría existir un aporte de vanadio, níquel y azufre disponibles al ecosistema circundante proveniente de los depósitos de coque en las refinerías, ya que al usar la extracción Soxhlet con H₂O desionizada, se obtuvo entre 1 y 6% de estos elementos.

5. REFERENCIAS

- Al-Haj-Ibraim, H., Morsi, B. (1992). Desulphurization of petroleum coke: a review *Industrial & Engineering Chemistry Research*. 31 (8) 1835-1840.
- Aslanov, L., Anisimov, A. (2004). Selective removal of sulfur compounds from petroleum products using ionic liquids. *Petroleum Chemistry*. 44 (2) 65-69.
- Babich, I., Moulijn, J. (2003). Science and technology of novel processes for deep desulphurization of oil refinery streams: a review. *Fuel*. 82, 607-631.
- Birghila, S., Carazeanu, I. (2013). Evaluation of the Physical-Chemical Properties in Petroleum Coke. *Advances in Petroleum Exploration and Development*. 6 (2) 28-31.
- Borah, D., Baruah, M., Haque, I. (2001). Oxidation of high sulphur coal. Part 1. Desulphurisation and evidence of the formation of oxidized organic sulphur species. *Fuel*. 80, 501-507.

- Campos, G., Rivas, E., Sánchez, L., Cáceres, A., Bravo, B., Chávez, G., Ysambertt, F., Márquez, N., Acevedo, S. (2012). Estudio de recuperación de vanadio y níquel en un crudo pesado y en su fracción de asfaltenos y maltenos por ICP-OES. *Ciencia*. 20 (1) 52-59.
- Elsamak, G., Öztaş, N., Yürüm, Y. (2003). Chemical desulfurization of Turkish Cayirhan lignite with HI using microwave and thermal energy. *Fuel*. 82, 531-537.
- Fernández, A., Ternero M., Fernández, F., Gutiérrez A., Trigo, D. (2006). Chemical speciation of trace metals in fine airborne particles: advances in operational performance of a new sequential extraction scheme. *International Journal of Environmental Analytical Chemistry*. 86, 9-10, 641-651.
- Hassan Al-Haj Ibrahim (2014). Characterization and Thermal Treatment of Syrian Petcoke Fines. *Current Advances in Energy Research*. 1 (2) 62-66.
- Jin, X., Qian, W., Chuan, H., Songyun, D. (2013) Comparison of removal of sulfur from high-sulfur petroleum coke. *Journal of Central South University Science and Technology*. 3, 880-884.
- Jin-Sheng, Z., Li-Hua, L., Xiu-Ping, L. (2006). Determination of vanadium in petroleum coke by microwave digestion-spectrophotometry. *Fenxi Shiyanshi*. 25 (1) 83-86.
- Jochová, M., Punčochár, M., Horáček, J., Štamberg, K., Vopálka, D. (2004). Removal of heavy metals from water by lignite-based sorbents. *Fuel*. 83, 1197-1203.
- Katz, R. (2001). Petrocoque (II) Efectos ambientales de la sustitución de carbón por petrocoque en la generación eléctrica y procesos industriales. *Ambiente y Desarrollo XVII*. 1, 22-29.
- Kraüter, M., Pérez, M. (2003). Estudio preliminar del reciclaje de ácido en la desmetalización y desulfuración simultánea de coques de petróleo venezolanos vía microondas. *Revista de la Facultad de Ingeniería de la UCV*, 18 (1) 73-81.
- Liu, G., Xu, X., Gao, L. (2004). Study on the deferrization and desalting for crude oils. *Energy & Fuel*. 18, 918-923.
- Meffe, S., Perkson, A., Trass, O. (1996). Coal beneficiation and organic sulfur removal. *Fuel*. 75 (1) 25-30.
- Moheballi, G., Ball, A. (2008). Biocatalytic desulfurization (BDS) of petrodiesel fuels, Review. *Microbiology*. 154, 2169-2183.
- Muherjee, S., Borthakur, P. (2001). Chemical demineralization/ desulphurization of high sulfur coal using sodium hydroxide and acid solutions. *Fuel*. 80, 2037-2040.
- PDVSA (2008). Investigación y Desarrollo para Alcanzar la Soberanía Tecnológica en Petróleo y Gas. 1er Congreso Internacional de Crudos Pesados, Maturín, Venezuela.
- Pérez, M., Sánchez, O., Requena, A. (2001). Efecto de aditivos para retención de azufre en combustibles sólidos con alto contenido de vanadio. *Revista de la Facultad de Ingeniería UCV*. 16 (1) 61-65.
- Pysh'yev, S., Gayvanovych, V., Pattek-Janczyk, A., Stanek, J. (2004). Oxidative desulfurization of sulphur-rich coal. *Fuel*. 83, 1117-1122.
- Santos, A., Da Silva, R., Renó, M. (2015) Analysis of Petroleum Coke Consumption in Some Industrial Sectors. *Journal of Petroleum Science Research*. 4 (1) 1-7.
- Ratanakandilok, S., Ngamprasertsith, S., Prasassarakich, P. (2001). Coal desulfurization with methanol/water and methanol/KOH. *Fuel*. 80, 1937-1942.

- Requena, A., Pérez, M., Delgado, L. (2008). Formación de la textura del coque de petróleo en coquizadores retardados. *Revista de la Facultad de Ingeniería de la UCV*, 23 (3) 103-112.
- Salazar, S., Pérez, N., Urbina, R., Meza, A. (2015) Evaluación de posibles mejoras en la calidad del coque retardado venezolano por medio del manejo de las condiciones de diseño y operación del tambor de coquización. *Rev. LatinAm. Metal. Mater.* 35 (2) 326-333.
- Samit, M., Borthakur, P. (2003). Effects of alkali treatment on ash and sulphur removal from Assam coal. *Fuel Process. Technol.* 85, 93-101.
- Santos, A., Silva, R. (2008). Análisis del Consumo de Coque de Petróleo en Algunos Sectores Industriales. *Información Tecnológica*. 19 (2) 93-102.
- Shimizu, K., Iwami, Y., Suganuma, A., Saito, I. (1997). Behaviour of sulfur in high-sulfur coal in a superacidic medium without gaseous hydrogen. *Fuel*. 76 (10) 939-943.
- Speight, J. (1999). *The desulfurization of heavy oils and residua*. Second Edition. New York, USA. Marcel Dekker, Inc. 1-36, 127-205.
- Standard Test Method for Gross Calorific Value of Coal and Coke. ASTM, D5865-04.
- Standard Test Methods for Sulfur in the Analysis Sample of Coal and Coke Using High Temperature Tube Furnace Combustion Methods. ASTM, D4239-04.
- Uzun, D., Ozdogan, S. (2004). The behavior of sulphur forms of three lignites exposed to pyrolysis temperaturas between 350 and 950°C. *Fuel*. 83, 1063-1070.
- Wang, S., Xu, X., Yang, J., Gao, J. (2011). Effect of the carboxymethyl chitosan on removal of nickel and vanadium from crude oil in the presence of microwave irradiation. *Fuel Processing Technology*. 92, 486-492.
- Zhagn, L., Sato, A., Ninomiya, Y., Sasaoka, E. (2003). In situ desulfurization during combustion of high-sulfur coals added with sulfur capture sorbents. *Fuel*. 82, 255-266.

EXTRACCIÓN SECUENCIAL DE PLOMO Y VANADIO EN SEDIMENTOS DEL RÍO CATATUMBO UTILIZANDO FAAS, ETAAS E ICP-AES

Dr. Julio Cesar Torres Puentes^{1,2*}; Dra. Marinela Colina¹; Dra. Yulixis Nohemi Cano de Torres^{1,2}

¹ Universidad del Zulia. Facultad Experimental de Ciencias. Departamento de Química. Laboratorio de Química Ambiental. Maracaibo 4011. Zulia. Venezuela. colinamarinela@gmail.com

² Universidad Técnica de Manabí. Instituto de Ciencias Básicas. Departamento de Química. Portoviejo-Manabí-Ecuador. ycano@utm.edu.ec

*Autor para la correspondencia. Email: ictorres@utm.edu.ec

Recibido: 2-8-2016 / Aceptado: 10-10-2016

RESUMEN

Se presenta la evaluación del procedimiento de extracción secuencial aprobado por la BCR (BCR, por sus siglas en inglés, Community Bureau of Reference) para determinar metales en muestras de sedimentos del río Catatumbo, Venezuela. Las fracciones consistieron en 4 etapas: en la primera, llamada intercambiable, se extrajo utilizando ácido acético; la segunda, o reducible, con hidroxidocloruro de amonio; la tercera, u oxidable, con peróxido de hidrógeno y acetato de amonio y la residual, que es la etapa remanente, se digirió con agua regia. El análisis se realizó por espectrometría de absorción atómica con llama (FAAS), horno de grafito (ETAAS) y espectrometría de emisión atómica con plasma inductivamente acoplado (ICP-AES). Los metales determinados fueron Pb y V. Las determinaciones por FAAS, ETAAS e ICP-AES indicaron que no hubo diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) cuando se compararon los resultados de 24 muestras de sedimentos del río Catatumbo realizadas por triplicado. La exactitud encontrada sumando las cuatro etapas de la BCR para Pb y V fueron comparables a los resultados obtenidos por digestión ácida, lo cual indica que el procedimiento es adecuado para la cuantificación de los metales estudiados. El Pb y V se encontró mayormente (55-97 %) en la etapa residual lo que los hace no disponibles.

Palabras clave: digestión ácida, extracción BCR, sedimento, plomo, vanadio

SEQUENTIAL EXTRACTION OF LEAD AND VANADIUM IN SEDIMENTS FROM CATATUMBO RIVER USING FAAS, ETAAS AND ICP-AES

ABSTRACT

The aim of the present work is the evaluation of the procedure of sequential extraction approved by the BCR and used to determine metals in samples of sediments from Catatumbo River in Venezuela. The fractions consisted in four (4) stages: the first one or interchangeable was extracted using acetic acid, the second one or reducible with ammonia hydroxi-chloride, the third one or oxidable with hydrogen peroxide and ammonium

acetate and the residual which is the remnant stage was digested with aqua regia. The analysis was made by Flame Atomic Absorption Spectrometry (FAAS), Electrothermal Atomisation Atomic Absorption Spectrometry (ETA-AAS) and Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrometry (ICP-AES). The metals evaluated were Pb and V. The evaluations for FAAS, ETA-AS and ICP-AES indicated that there were not statistically significant differences ($p < 0.05$) when the results of 24 samples of sediments from the Catatumbo River carried out in triplicate were compared. The exact result found by adding the four stages of the BCR for Pb and V were comparable to the results obtained by acid digestion. The Pb and V were found mainly (55-97 %) in the residual stage which makes them not available and these results are comparable to other studies published.

Key words: Acid Digestion, Extraction of BCR, sediment, Pb, V

1. INTRODUCCIÓN

El aumento de las actividades industriales y humanas ha resultado en la liberación de varios contaminantes a los ecosistemas acuáticos; entre ellos plomo (Pb) y vanadio (V) que se encuentran en los sedimentos en altas concentraciones como consecuencia de las actividades antropogénicas. Para estimar el grado de contaminación ambiental en los sedimentos se utilizan los llamados procedimientos de extracción secuencial. La mayoría de los procedimientos de extracción convierten los metales enlazados a las fases de sedimentos en formas solubles con el extractante usado en cada etapa. Los niveles de concentración, movilidad y procesos de transformación y acumulación en el ecosistema dependen de parámetros como pH, condiciones redox, estado de oxidación, temperatura, presencia de materia orgánica y actividad microbológica (Torres, colina, Rivas & Cano, 2006). Estos factores influyen fuertemente en el ciclo biogeoquímico de elementos en el ambiente. El uso de la distribución o extracción secuencial, hace posible definir las formas metálicas bioasimilables o las más móviles en el ambiente siendo estas las más estudiadas en los procesos de extracción secuencial (Davidson *et al.*, 1998, Svete, Milačič & Pihlar, 2001, Jiang *et al.*, 2013, Idriss & Ahmad, 2013, Samhan *et al.*, 2013, Wen, Yi & Zeng, 2016, García-Ordiales *et al.*, 2016, Yang *et al.*, 2016, Mittermüller *et al.*, 2016). Algunos métodos de extracción reportados para la evaluación de metales que han sido ampliamente estudiados se pueden citar a: Tessier *et al.*, 1979, Oughton *et al.*, 1992, Silveira *et al.*, 2006, Guo *et al.*, 2007. Algunos autores han comparado diferentes métodos de extracción o los han modificado parcialmente, tales como: Kheboian & Bauer 1987, Rauret *et al.*, 1989, Fiedler *et al.*, 1994, Mester *et al.*, 1998. Estos procedimientos de extracción tienen la desventaja de requerir más tiempo para realizar el análisis, puede romperse el equilibrio entre las fases o producirse reabsorción por la no selectividad de los reactivos, la inadecuada sensibilidad de algunas técnicas analíticas cuando se tiene concentraciones muy bajas y la existencia de pocos materiales certificados (Fernández *et al.*, 2004, Okoro *et al.*, 2012).

La falta de una uniformidad en los diferentes procedimientos de extracción usados, no permite la comparación de los resultados o con los procedimientos validados, lo cual genera mucha controversia; ya que los resultados son altamente dependientes de los procedimientos de extracciones usadas y el tipo de muestra. La necesidad de armonizar los métodos existentes para la distribución de metales en muestras con matrices complejas, es importante para el desarrollo del análisis de especiación (con respecto a la determinación de elementos trazas extraíbles durante el procedimiento de extracción secuencial). Por lo que el programa para la medición y ensayo BCR de la Comisión Europea, ha desarrollado un protocolo de extracción secuencial de cuatro etapas en el cual los metales se dividen en fracciones solubles ácidas/intercambiable, reducible, oxidables y residual (Cappuyns *et al.*, 2007, Davidson *et al.*, 1998).

Por otra parte, las técnicas más comunes para evaluar metales son la espectrometría de absorción atómica en los modos: llama (FAAS) y horno de grafito (ETAAS), así como la espectrometría de emisión atómica con plasma inductivamente acoplado (ICP-AES), voltametría anódica y la espectrometría de masas con plasma acoplado inductivamente (ICP-MS) (Okoro *et al.*, 2012, Torres 2012, Bin *et al.*, 2013, Nasirian *et al.*, 2013). La primera es ampliamente utilizada por muchos laboratorios porque la operación de equipos es relativamente fácil, se determinan los elementos en forma individual y cuando se utiliza la FAAS necesita una cantidad mayor de muestra. Mientras que la ICP-AES ofrece la posibilidad de la evaluación de los metales y no metales en forma secuencial o simultánea en una sola corrida. En este trabajo se evaluó la concentración de Pb y V en muestras de sedimentos del río Catatumbo, aplicando el procedimiento de extracción BCR y digestión ácida, utilizando las técnicas de FAAS, ETAAS y ICP-AES.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Área de estudio

El sistema hidrográfico del río Catatumbo constituye una cuenca binacional, la cual es compartida por la República de Colombia y la República Bolivariana de Venezuela en porcentajes del 70 y 30 %, respectivamente. Nace al este de la Cordillera Oriental de Colombia, en el Departamento del Norte de Santander y abarca un área de 25.565 km² hasta la desembocadura del río en el Lago de Maracaibo, de los cuales 16.243 km², pertenecen a Colombia. En el territorio venezolano el río forma una planicie aluvial del estado Zulia, enmarcada entre la Cordillera de Perijá y la Sierra de Mérida, con extensas

áreas cenagosas como consecuencia del elevado volumen de aguas que confluyen en él hasta su desembocadura, afectando la dinámica ecológica de sistema. El sistema del río Catatumbo se puede dividir en tres grandes sub-cuencas: la del río Zulia, la del río Tarra-Socuavo y la del río Catatumbo (**Figura 1**).

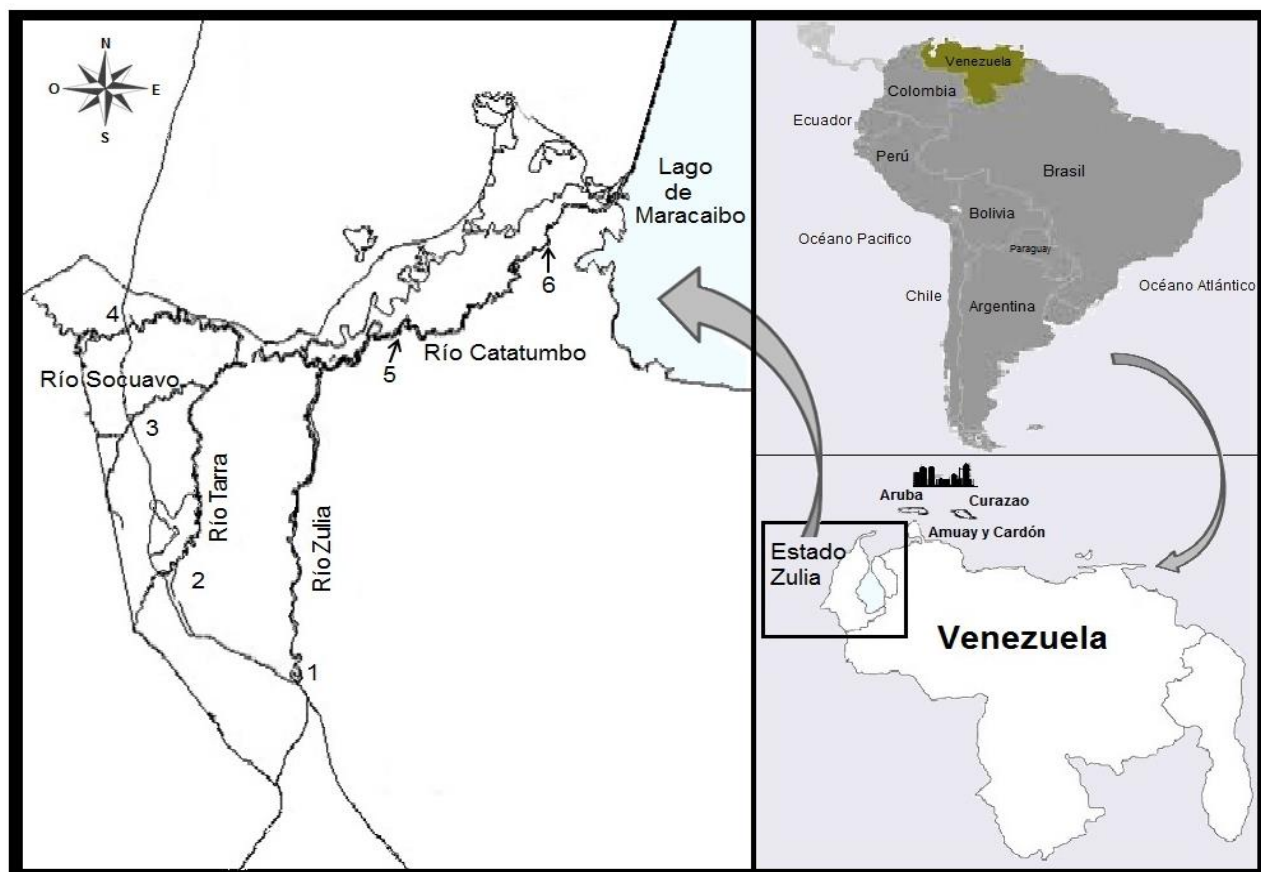


Figura 1. Mapa del río Catatumbo con la ubicación de las estaciones de muestreo (Torres et al., 2006).

Los sitios de muestreo se muestran en la Figura 1, que corresponde al mapa de la Cuenca del río Catatumbo. Geográficamente se encuentra ubicada entre las coordenadas $72^{\circ}45'00''$ y $73^{\circ}26'19''$ de longitud Este y entre $7^{\circ}46'30''$ y $9^{\circ}31'05''$ de latitud Norte. Sus límites geográficos son: por el norte la Sierra de Perijá en la República de Colombia y la cuenca del río Santa Ana, ciénaga de Juan Manuel y la Sierra de Perijá en territorio venezolano. Por el sur, los Andes colombianos. Por el este, la cuenca del río Escalante y la Cordillera de Mérida. Por el oeste, la cuenca de los ríos Magdalena, Ciénega de Castillo y la laguna de Zapatosa en territorio colombiano. En el periodo de muestreo se recolectaron 24 muestras de sedimentos de enero a noviembre del año 2001.

2.2. Reactivos

Todos los reactivos utilizados fueron de alta pureza. Las soluciones concentradas de estándares certificadas de plomo (II) (1001 ± 2 mg/L) y vanadio (IV) (1000 ± 2 mg/L) (Concentrado Merck, Alemania), preparados a partir de las siguientes sales: nitrato de plomo y sulfato óxido de vanadio. Todas las soluciones fueron preparadas con agua grado I ASTM (American Society for Testing and Materials), por dilución del stock de aproximadamente 1000 ppm.

2.3. Métodos y equipos

Para el análisis de las muestras de sedimentos se utilizaron las siguientes técnicas analíticas: espectrometría de absorción atómica con atomización electrotérmica (ETAAS) para la evaluación de vanadio; espectrometría de emisión con plasma acoplado inductivamente (ICP-AES) para plomo y vanadio y la espectrometría de absorción atómica con llama (FAAS) para la evaluación de plomo. Los equipos utilizados fueron: a) Espectrofotómetro Varían 400 Plus, b) ICP-AES Perkin Elmer, modelo Óptima 3000XL. Las condiciones instrumentales de operación, líneas espectrales y slit de la espectrometría de absorción atómica en el modo: llama y horno y espectrometría de emisión atómica con plasma inductivamente acoplado (ICP-AES) se presentan en la **Tabla 1**. Las líneas espectrales de las técnicas y el slit se presentan en la **Tabla 1**.

Tabla 1. Condiciones de operación para la evaluación de Pb y V usando ICP-AES, ETAAS y FAAS.

ICP-AES	
Parámetros Instrumentales	
Flujo de argón: Plasma	15,0 L/min
Auxiliar	0,5 L/min
Replicas	3
Energía aplicada	1,3 KW
λ (nm)	
Pb	220,353
V	292,402
^b ETAAS	
Tipo de gas	Argón
Tipo de tubo	Grafito pirolítico
μ L de inyección	20
Réplicas	3
^a FAAS	
Llama	Aire/acetileno
Flujo oxidante	14,0 L/min
Flujo combustible	2,0 L/min
Tiempo de registro	3 seg
Réplicas	3
λ (nm): ^a Pb=283,3 Slit=0,5 nm; ^b V=318,5 Slit=0,2 nm	

La digestión ácida se realizó pesando 0,300 g de sedimento liofilizado, adicionándole 5 mL de ácido nítrico y 2 mL de agua desionizada en bombas de alta presión digiriéndola por 4 horas a 110 °C. Se utilizó el protocolo de extracción secuencial de la BCR (Davidson y col., 1998, Okoro y col., 2012) el cual consiste en cuatro etapas: la primera llamada intercambiable y la extracción se realizó utilizando ácido acético; la segunda o reducible con hidroxiclورو de amonio; la tercera u oxidable con peróxido de hidrógeno y acetato de amonio; y la residual, que es la etapa remanente, se realizó digestión ácida con agua regia (HCl-HNO₃).

2.4. Control de calidad analítica de la digestión ácida y el procedimiento de la BCR

2.4.1. Materiales certificados

Se evaluaron tres materiales certificados: 2 de ríos y uno de lago, que son matrices parecidas a la de los sedimentos del río Catatumbo. Estos materiales tienen las características que presentan altas concentraciones de V y Pb, certificadas sólo para el metal total y no para distribución.

2.4.2. Precisión y exactitud

La precisión expresada como desviaciones estándar relativas encontradas para la digestión ácida fueron menores a 2,95%, mientras que para el procedimiento de extracción aprobado por la BCR el máximo fue de 6,20%, lo cual indica que esta fue adecuada (**Tabla 2**).

2.4.3. Recuperación

Para obtener la recuperación al comparar la digestión ácida con el protocolo de extracción secuencial de la BCR, este se calculó por medio de dividir la suma de las concentraciones de un elemento en las cuatro etapas con la concentración de la digestión ácida ($R (\%) = [(F1+F2+F3+F4)/DA]*100$). Para V y Pb la recuperación mínima-máxima: 91,10-93,15 % y 89,86-102,34 % con una media 92,17 % y 96,40 % (**Tabla 2**).

2.4.4. Límites de detección

En la **Tabla 3** se presentan los límites de detección y es destacar que por absorción atómica tanto para plomo y vanadio estos son más bajos (2 y 13 veces), cuando se comparan con ICP-AES.

Tabla 2. Evaluación de la exactitud y precisión en materiales certificados evaluados por digestión ácida y BCR utilizando la técnica ICP-AES.

Concentración (mg/kg)		Digestión ácida	Fracción 1 (intercambiable)	Fracción 2 (reducible)	Fracción 3 (oxidable)	Fracción 4 (residual)	Recuperación (%)
Buffalo River 2704	VO ^a	92,66±0,51	4,55±0,26	8,15±0,04	6,56±0,30	65,15±0,07	91,10±2,81
	V	(0,55)	(5,72)	(0,49)	(4,58)	(0,12)	(3,08)
	VC	95±4	-	-	-	-	-
	VO ^a	160,05±1,39	20,99±0,15	19,81±0,06	17,98±0,67	105,02±4,07	102,34±1,28
	Pb	(0,88)	(0,71)	(0,3)	(3,72)	(3,88)	(1,25)
	VC	161±17	-	-	-	-	-
GBW 08301	VO ^a	98,25±2,90	0,45±0,01	13,59±0,75	13,51±0,67	63,97±1,72	93,15±3,50
	V	(2,95)	(2,22)	(5,52)	(4,96)	(2,69)	(3,76)
	VC	96 ^b	-	-	-	-	-
	VO ^a	87,23±1,34	3,59±0,07	18,59±0,90	20,15±1,25	36,06±0,70	89,86±1,80
	Pb	(1,54)	(1,95)	(4,84)	(6,20)	(1,94)	(2,00)
	VC	79±12	-	-	-	-	-
SL-1	VO ^a	177,49±2,12	0,25±0,01	33,74±1,01	5,63±0,17	124,92±5,93	92,70±3,99
	V	(1,19)	(4,00)	(2,99)	(3,02)	(4,74)	(4,30)
	VC	170±15	-	-	-	-	-
	VO ^a	44,63±0,99	1,15±0,04	2,83±0,08	10,76±0,21	28,55±0,81	96,99±1,93
	Pb	(2,22)	(3,48)	(2,83)	(1,95)	(2,84)	(1,99)
	VC	37,7±7,4	-	-	-	-	-

Recuperación (%) = [(1+2+3+4)/DA]*100; VC=valor certificado; VO=Valor experimental obtenido

Tabla 3. Límites de detección de Pb y V utilizando FAAS, ETAAS y ICP-AES (mg/kg).

Metal	Técnica		
	FAAS	ETAAS	ICP-AES
V	-	0,13	1,80
Pb	2,50	-	5,00

3. RESULTADOS

3.1. Distribución de V y Pb en sedimentos

En el sedimento del río Catatumbo, el vanadio está asociado mayoritariamente (66-97 %) a la fase residual, la reducible (2-28 %), oxidable (2-16 %) y la intercambiable (0-6 %) en las 24 muestras del río Catatumbo (**Figura 2A**). En el caso del plomo está asociado a las etapas en el siguiente orden creciente: residual (55-88 %)>oxidable (0-29 %)>reducible (0-29 %)>intercambiable (0-25 %) (**Figura 2B**).

Figura 2A. vanadio

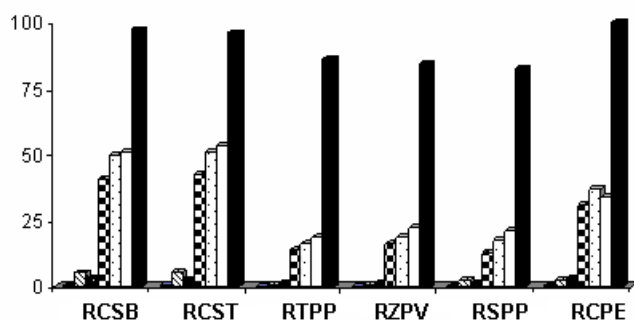


Figura 2B. plomo

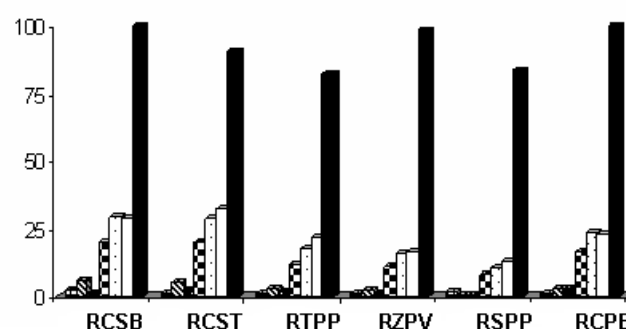


Figura 2. Patrón de extracción de: A) vanadio y B) plomo en sedimentos del río Catatumbo, Venezuela, basado en el procedimiento de la BCR, utilizando FAAS, ETAAS y ICP-AES (promedio de 24 sedimentos) ■ F1 ■ F2 ■ F3 ■ F4 ■ (F1+F2+F3+F4) □ DA ■ R (%)

3.2. Comparación de FAAS, ETAAS e ICP-AES en la determinación de V y Pb

Se utilizaron las técnicas de FAAS (Pb), ETAAS (V) e ICP-AES (Pb y V) para la evaluación de los analitos en sedimentos del río Catatumbo. Mientras que para evaluar los dos metales, la técnica de ICP-AES la realiza en una sola corrida, cuando se utiliza la espectrometría de absorción atómica en el modo llama y horno de grafito el tiempo es mucho mayor. Estas dos técnicas se utilizan en muchos laboratorios y sería interesante compararlas. Los resultados de plomo y vanadio fueron comparados por regresión lineal a un nivel de 95 %.

Al graficar los resultados obtenidos de concentración por ambas técnicas podemos revelar si las concentraciones son distintos por FAAS, ETAAS e ICP-AES (**Figura 3A y 3b**).

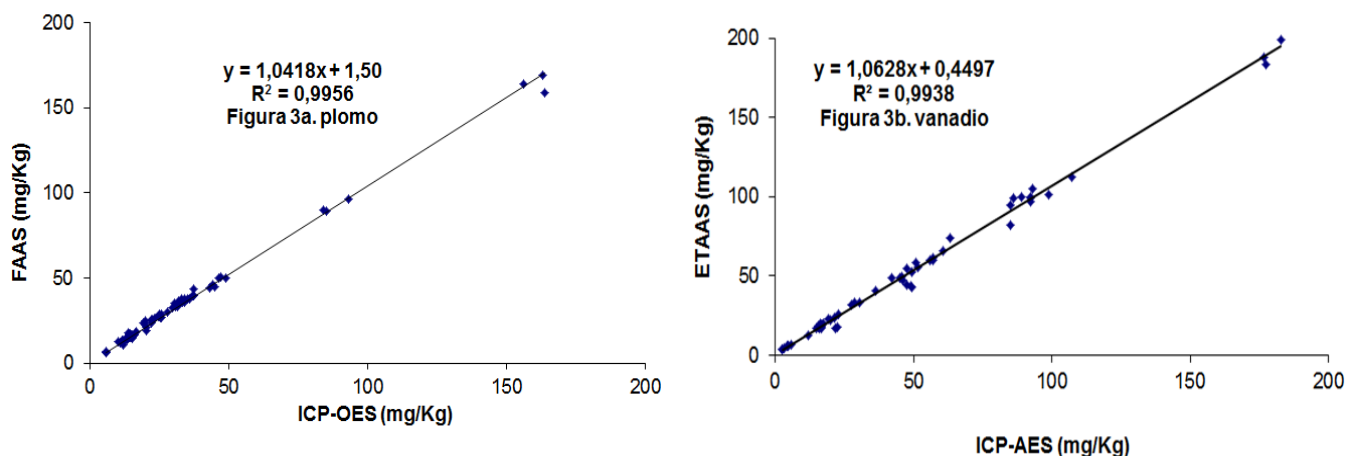


Figura 3. Curva de regresión lineal para la comparación de: a) Pb por FAAS y ICP-AES y b) V por ETAAS e ICP-AES (n=24 muestras de sedimentos evaluados por triplicado).

4. DISCUSIÓN

Las concentraciones medias obtenidas por ICP-AES no se diferenciaron significativamente de los valores certificados; estos resultados corroboran la adecuada exactitud (97,50-118 %) de las metodologías analíticas utilizadas (**Tabla 2**). Los valores encontrados para Pb y V son cercanos al valor certificado para el metal total. En el caso de las 4 fracciones obtenidas por el procedimiento de la BCR al sumarlas y compararlas con el valor certificado la exactitud estuvo entre 88-101 %. Los valores de recuperación (**Tabla 2**) son comparables a los reportados por otros autores cuando se utiliza este esquema de extracción (Tessier *et al.*, 1979, Rauret *et al.*, 1989, Davidson *et al.*, 1994, Fiedler *et al.*, 1994, Davidson *et al.*, 1998, Mester *et al.*, 1998, Fernández *et al.*, 2004, Silveira *et al.*, 2006, Okoro *et al.*, 2012).

Al comparar los resultados encontrados en los sedimentos del río Catatumbo con los reportados en los ríos Tinto y Odiel (España) (Morillo *et al.*, 2004), río Tiete–Pinheiros y Barra Bonita (Brasil) (da Silva *et al.*, 2002) el plomo se asoció mayoritariamente a la fase residual, lo cual indica que no está disponible y no puede liberarse fácilmente al ecosistema acuático (**Figura 3A**). Otros estudios realizados tuvieron el mismo comportamiento en los lagos Doirani y Kerkini (Grecia) (Pertsemli & Voutsas 2007), Lago de Maracaibo, Venezuela (Colina 2001), estuarios (Gomez *et al.*, 2000, Li *et al.*, 2001) y en muestras de cenizas (Bódog *et al.*, 1996). En el caso del vanadio (**Figura 2B**) al igual que el plomo se encuentran asociados mayoritariamente a la fase residual lo que indica que no están disponibles y se necesitan condiciones muy drásticas para liberarse del sedimento a la columna de agua.

Estudios realizados en sedimentos de suelos (Davidson *et al.*, 1998) y en muestras de cenizas (Bódog *et al.*, 1996) reveló que el vanadio se encontró mayoritariamente en la fracción residual.

Al realizar la comparación de FAAS, ETAAS e ICP-AES en la determinación de Pb y V, las gráficas **3a** y **3b** indican que el R es cercano a 1 al comparar el valor teórico y el experimental, lo que indica que los errores al determinar Pb y V por FAAS, ETAAS e ICP-AES fueron muy pequeños (< 5 %). Al evaluar la repetitividad de Plomo por FAAS y V por ETAAS se encontró que fluctuó entre (2,1-9,8 %) mientras que para la ICP-AES esta fue menor, entre 0,9-5,4 %. La exactitud al comparar la recuperación ((%) =Recuperación en porcentaje= $[(1+2+3+4)/DA]*100$) se encontró en promedio para FAAS, ETAAS y ICP-AES entre 91-109 %, que es satisfactoria (1-9, 21-25).

La información generada en el presente estudio constituye el inicio del establecimiento de niveles de referencia de los metales Pb y V en sedimentos del río Catatumbo, Venezuela. La extracción secuencial resultó una técnica útil, ya que a diferencia de la estimación de la concentración total, proporciona información sobre la distribución de metales en los sedimentos en forma exacta y precisa.

5. CONCLUSIONES

El método de digestión ácida y el de distribución BCR son comparables y presentan una adecuada exactitud y precisión, que permite que pueda ser utilizada para evaluar metales pesados en distintas matrices de sedimento. Por otra parte, al comparar los resultados obtenidos por FAAS y ETAAS con los encontrados por ICP-AES, no hubo diferencias significativas. Esto permitió corroborar que el plomo y el vanadio, mayoritariamente se encontraron en la fase residual, lo que indica que no están disponibles y fácilmente no pueden liberarse a la columna de agua. Esto concuerda con otros estudios publicados, lo que aporta confiabilidad a la determinación por el procedimiento aplicado.

6. AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su agradecimiento al Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico de la Universidad del Zulia (CONDES-LUZ) por el financiamiento de esta investigación y al Instituto para la Conservación de la Cuenca del Lago de Maracaibo (ICLAM).

7. REFERENCIAS

- Bin, H., ZhaoJun, Y., JianBo, S. & GuiBin, J. (2013). Review: Research progress of heavy metal pollution in China: Sources, analytical methods, status, and toxicity. *Chin Sci Bull.* 58, 134-140.
- Bódog, I., Polyák, K., Csikós-Hartyányi, Z. & Hlavay, J. (1996). *Microchem. J.* 54 (3), 320-330.
- Cappuyns, V., Swennen, R., Niclaes, M. (2007). Application of the BCR sequential extraction scheme to dredged pond sediments contaminated by Pb–Zn mining: A combined geochemical and mineralogical approach. *J. Geochem. Explor.* 93, 78–90.
- Colina M. (2001). Tesis Doctoral September 2001. Sheffield Hallam University, Inglaterra.
- da Silva I., Abate, G., Lichtig, J., Masini, J. (2002). Heavy metal distribution in recent sediments of the Tietê-Pinheiros river system in São Paulo state, Brazil. *Applied Geochemistry* 17 (2), 105–116.
- Davidson, C., Thomas, R., McVey, S., Perala, R., Littlejohn, D., Ure, A. (1994). Evaluation of sequential extraction procedure for speciation of heavy metals in sediments. *Anal. Chim. Acta*, 291, 277-286.
- Davidson, C., Duncan, A., Littlejohn, D., Ure, A., Garden, L. (1998). A critical evaluation of the three-stage BCR sequential extraction procedure to assess the potential mobility and toxicity of heavy metals in industrially-contaminated land. *Anal Chim Acta* 363, 45-55.
- Fernández, E., Jiménez, R., Lallena, A., Aguilar, J. (2004). Evaluation of the BCR sequential extraction procedure applied for two unpolluted Spanish soils. *Environ. Poll.* 131, 355-364.
- Fiedler, H., López-Sánchez, J., Rubio, R., Rauret, G., Quevauviller, Ph., Ure, A., Muntau, H. (1994). Study of the stability of extractable trace metal contents in a river sediment using sequential extraction. *Analyst* 119, 1109-1114.
- García-Ordiales, E., Covelli, S., Esbrí, J., Loredó, J., Higuera, P. (2016). Sequential extraction procedure as a tool to investigate PTHE geochemistry and potential geoavailability of dam sediments (Almadén mining district, Spain). *Catena* 147, 394-403.
- Gómez, A., Giradles, I., Sánchez-Rodas, D., Morales, E. (2000). Comparison of the feasibility of three extraction procedures for trace metal partitioning in sediments from south-west Spain *Sci. Tot. Environ.* 246 (2), 271-283.
- Guo, P., Duan, T., Song, X., Chen, H. (2007). Evaluation of a sequential extraction for the speciation of thorium in soils from Baotou area, Inner Mongolia. *Talanta* 71, 778–783.
- Idriss, A., Ahmad, A. (2013). Heavy Metals Nickel and Chromium in Sediments in the Juru River, Penang, Malaysia. *Journal of Environmental Protection*, 4, 1245-1250.
- Jiang, M., Zeng, G., Zhang, C., Ma, X., Chen, M. (2013) Assessment of Heavy Metal Contamination in the Surrounding Soils and Surface Sediments in Xiwangang River, Qingshitang District. *PLoS ONE* 8(8): e71176. doi:10.1371/journal.pone.0071176.
- Kheboian, C., Bauer, C. (1987). Accuracy of selective extraction procedures for metal speciation in model aquatic sediments. *Anal. Chem.* 59, 1417-1423.
- Li, X., Shen, Z., Wai, O. & Li, Y. (2001). Chemical forms of Pb, Zn and Cu in the sediment profiles of the pearl river estuary. *Mar. Pollution Bull.* 42 (3), 215-223.

- Mester, Z., Cremisini, C., Ghiara, E., Morabito, R. (1998). Comparison of two sequential extraction procedures for metal fractionation in sediment samples. *Anal. Chim. Acta* 359, 133-142.
- Mittermüller, M., Saatz, J., Daus, B. (2016). A sequential extraction procedure to evaluate the mobilization behavior of rare earth elements in soils and tailings materials. *Chemosphere* 147, 155-162.
- Morillo, A., Usero, G., Gracia, M. (2004). Heavy Metal Distribution in Marine Sediments From the Southwest Coast of Spain. *Chemosphere*. 55 (3), 431-442.
- Nasirian, H., Mahvi, A., Hosseini, M., Vazirianzadeh, B., Sadeghi, S., Nazmara, S. (2013). Study on the heavy metal bioconcentrations of the Shadegan international wetland mosquitofish, *Gambusia affinis*, by inductively coupled plasma technique. *J. Environ. Health Sci. Eng.* 11, 22.
- Okoro, H., Fatoki, O., Adekola, F., Ximba, B., Snyman, R. (2012). A Review of Sequential Extraction Procedures for Heavy Metals Speciation in Soil and Sediments. 1: 181. doi:10.4172/scientificreports.181.
- Oughton, D., Salbu, B., Riise, G., Lien, H., Ostby, G., Noren, A. (1992). Radionuclide mobility and bioavailability in Norwegian and Soviet soils. *Analyst* 117, 481-486.
- Pertsemli, E., Voutsas, D. (2007). Distribution of heavy metals in Lakes Doirani and Kerkini, Northern Greece. *J. Hazard. Mater.* 148, 529–537.
- Rauret, G., Rubio, R., Lopez-Sanchez, J. (1989). Optimization of tessier procedure for metals solid speciation in river sediments. *Int. Environ. Anal. Chem.* 36, 69-83.
- Samhan, S., Friese, K., Tümping, W., Pöllmann, H., Hoetzel, H., Ghanem, M. (2013). Anthropogenic influence of trace metals in sediments of the Al-Qilt catchment, West Bank, Palestine: 1. Contamination factor and bonding forms. *Environ Earth Sci* DOI 10.1007/s12665-013-2559-9.
- Silveira, M., Alleoni, L., O'Connor, G., Chang, A. (2006). Heavy Metal Sequential Extraction Method - A Modification for Tropical Soils. *Chemosphere* 64, 1929–1938.
- Svete, P., Milačič, R., Pihlar, B. (2001). Partitioning of Zn, Pb, and Cd in river sediments from lead and zinc mining area using the BCR three-step sequential extraction procedure. *J Environ Monit.* 3, 586-590.
- Tessier, A., Campbell, P., Bisson, M. (1979). Sequential extraction procedure for the speciation of particulate trace metals. *Anal Chem* 51, 844-849.
- Torres, J., Colina, M., Rivas, Z. & Cano, Y. (2006). Distribución de As, Pb, Se y V en muestras de sedimento del río Catatumbo, Venezuela. *Ciencia*. 14, 1-10.
- Torres, J. (2012). Flujo de nutrientes en la interfase agua-sedimento del sistema acuático tropical: Lago de Maracaibo. Tesis Doctoral. Facultad Experimental de Ciencias, Departamento de Química. Universidad del Zulia. Maracaibo, Venezuela, 114-118 pp.
- Wen, J., Yi, Y., Zeng, G. (2016). Effects of modified zeolite on the removal and stabilization of heavy metals in contaminated lake sediment using BCR sequential extraction. *Journal of Environmental Management* 178, 63-69.
- Yang, Y., Wu, Y., Zhang, H., Zhang, M., Liu, Q., Yang, H., Lu, J. (2016). Improved sequential extraction method for determination of alkali and alkaline earth metals in Zhundong coals. *Fuel* 181, 951-957.

REFLEXIONES SOBRE EL CONCEPTO DE PROBLEMA MATEMÁTICO

Lic. Karel Pérez Ariza^{1*}; MSc. Ernesto Álvarez García²; MSc. Carlos Breña Rivero³

¹Licenciado en Educación Primaria, Profesor Instructor. Departamento de Educación Primaria, Sede “José Martí” de la Universidad de Camagüey, Cuba.

²Máster en Ciencias de la Educación, Profesor Asistente. Departamento de Educación Primaria, Sede “José Martí” de la Universidad de Camagüey, Cuba.

³Máster en Ciencias de la Educación, Profesor Asistente. Departamento de Educación Primaria, Sede “José Martí” de la Universidad de Camagüey, Cuba.

*Autor para la correspondencia. Email: karel.perez@reduc.edu.cu

Recibido: 15-9-2016 / Aceptado: 10-10-2016

RESUMEN

El concepto de problema matemático constituye una categoría central para la didáctica de la matemática. Su definición ha sido interés de diversos autores, aunque aún es un aspecto polémico dentro del quehacer investigativo de los especialistas. En las referidas definiciones se aprecia un mayor énfasis en los rasgos estructurales externos de los problemas, lo que ha generado que las mismas tengan un marcado carácter descriptivo en detrimento de su función explicativa. La situación descrita afecta la comprensión de la esencia de dicho objeto de estudio y por tanto la dirección de su proceso de enseñanza-aprendizaje. Por lo anteriormente expuesto en el artículo se persigue el objetivo de reflexionar sobre el concepto de problema matemático. El empleo de métodos teóricos, tales como: el analítico – sintético, el inductivo – deductivo y el histórico-lógico permitieron develar las tendencias predominantes en la definición del concepto objeto de estudio y realizar una redefinición del mismo.

Palabras clave: problema matemático, solución de problemas, Didáctica de la Matemática

REFLECTIONS ABOUT THE MATHEMATICAL PROBLEM CONCEPT

ABSTRACT

The concept of mathematical problem constitutes a central category for the Didactics of the Mathematical one. To grief that the same one has been defined by diverse authors, not yet consensus among them exists. In the referred definitions each author has emphasized in particular elements, which has generated that the same ones have a noticeable descriptive character. The situation deciphers affects the understanding of the essence of this object of study and therefore the direction of its process of teaching - learning. By previously exposed in the article the objective is persecuted to reflect about the concept of mathematical problem. The use of theoretical methods, such as: analytical – the synthetic one, inductive – deductive and historical – logical one allowed to reveal the predominant tendencies in the definition of the concept study object and to make a redefinition of the same one.

Key words: mathematical problem, problem solving and Didactic of Mathematics

1. INTRODUCCIÓN

La solución de problemas es considerada el eje central de la enseñanza de la matemática (González, 1995; Fraga y Acosta, 2001; León y col., 2012). Ello implica que el concepto de problema matemático constituye un componente esencial en el aparato categorial de la didáctica de la matemática. En la actualidad no existe consenso entre los especialistas acerca de la definición del referido objeto de estudio. Además, los mismos han puesto énfasis en sus elementos estructurales externos; siendo insuficiente aún la explicación de su funcionamiento. Ello trae limitaciones en los planos teórico y práctico de la mencionada ciencia pedagógica. Por lo anteriormente expuesto en el artículo se persigue el objetivo de reflexionar acerca del concepto de problema matemático.

2. METODOLOGÍA

2.1. Definiciones del concepto de problema matemático

El concepto de problema matemático ha sido abordado en la literatura científica desde diversas aristas. Ello ha estado condicionado fundamentalmente por los dos factores siguientes:

- a) Diversidad de ciencias que han realizado contribuciones significativas a su estudio, entre las que se destacan: la Psicología y la didáctica de la Matemática.
- b) Variedad de aristas desde las que se ha enfocado su conceptualización aún dentro de una misma ciencia.

Lo anteriormente expuesto ha condicionado que en las definiciones del concepto de problema matemático se evidencien tres tendencias fundamentales: sobredimensionamiento de elementos psicológicos, énfasis en la presencia de relaciones matemáticas y la integración de los elementos psicológicos con los propiamente matemáticos. A continuación, se analizarán los rasgos principales de cada una de ellas.

2.1.1. Definiciones desde el punto de vista psicológico

Entre los investigadores que han definido el concepto de problema desde el punto de vista psicológico se encuentran: González, 1956; Rubinstein, 1966; Hayes, 1981; Mayer, 1986; Labarrere, 1988; Fridman, 1995; González, 1995; Campistrous y Rizo, 1996; Albarrán, 2005; Ontoria, 2006; Jiménez, 2010; García y Colunga, 2010, quienes han hecho énfasis en la actividad cognoscitiva que el sujeto debe desplegar para su resolución y en la

disposición o motivación por llevar a cabo la misma. Por tanto, los aportes más significativos han residido en la explicación de la subjetividad como componente esencial de los mismos, manifestada en el carácter individual y por ende relativo de los problemas. A continuación, se exponen algunas definiciones que permiten ilustrar las ideas planteadas en el párrafo anterior:

2.1.1.1. Definiciones que enfatizan en la actividad cognoscitiva del resolutor

- “Un problema es (...) una dificultad, cuestión o estado de perplejidad que puede resolverse o tratar de resolverse mediante el pensamiento reflexivo.” (González, 1956)
- “Un problema tiene ese carácter, ante todo, porque nos presenta puntos desconocidos en los que es necesario poner lo que falta.” (Rubinstein, 1966)
- “Un problema es toda situación en la cual, dada determinadas condiciones (más o menos precisas), se plantea determinada exigencia (a veces más de una). Esta exigencia no puede ser cumplida o realizada directamente con la aplicación inmediata de procedimientos y conocimientos asimilados, sino que se requiere la combinación, la transformación de estos en el curso de la actividad que se denomina solución.” (Labarrere, 1988)
- “(...) un problema es alguna exigencia, requerimiento o pregunta para la cual se necesita encontrar la respuesta apoyándose en y tomando en cuenta las condiciones señaladas en el problema.” (Fridman, 1995)

“Tarea con cierto grado de complejidad que debe resolver el escolar para la cual no existe, no se conoce o es difícil aplicar un algoritmo de solución, lo que requiere busque dentro de los conocimientos que posee los que le sirven para encontrar la vía para resolverlo.” (Albarrán, 2005)

En las anteriores definiciones se aprecia la importancia que se le concede a la actividad cognoscitiva dentro de la resolución de problemas. Resulta significativo destacar que entre los autores que enfatizan en dicho aspecto se encuentran no solo psicólogos sino también matemáticos y pedagogos. Para esos autores ello constituye una cualidad que tipifica a los problemas matemáticos, aspecto que resulta esencial dentro de la Didáctica de la Matemática por su carácter práctico–social; ya que todo problema requiere de esfuerzo cognoscitivo. La limitación de los anteriores conceptos es reducir el análisis a la complejidad de las situaciones que se consideran problemas, por lo que otros autores ampliaron esta perspectiva teórica.

2.1.1.2. Definiciones que destacan la actividad cognoscitiva y la motivación del resolutor

Los autores adscriptos a esta tendencia consideran que todo problema reúne las dos condiciones siguientes: la vía de solución es desconocida por el sujeto y este desea hacer la transformación requerida (resolver el problema). Las definiciones que a continuación aparecen lo demuestran.

- “Siempre que haya una brecha entre donde uno está en este momento y donde uno quiere estar, y uno no sepa cómo encontrar el camino para cogerlo, uno tiene un problema.” (Hayes, 1981)

- “En pocas palabras, cualquier definición de problema deberá consistir en las tres ideas siguientes: 1) el problema está actualmente en cierto estado, pero 2) se desea que esté en otro estado y 3) no hay una manera obvia y directa de realizar el cambio (Mayer, 1986)

- “Psicológicamente, se dice que un problema es una situación en la que un individuo debe alcanzar una meta, pero dicho individuo tiene bloqueadas todas las metas directas hacia dicha meta y además, los recursos disponibles en lo inmediato no son adecuados como para permitirle superar el obstáculo (bloqueo) que le impide llegar a su objetivo.” (González, 1995,)

- “(...) se asume como concepto problema a toda situación en la que hay un planteamiento inicial y una exigencia que obliga a transformarlo.” (Campistrous y Rizo, 1996)

- “El concepto de problema debe ser entendido como objetivo que se quiere conseguir, lo que supone una situación en la que uno o varios sujetos se inclinan a encontrar una meta, aunque sientan incertidumbre en el modo de hacerlo.” (Ontoria, 2006)

- “Un problema es aquella exigencia para actuar cuya vía de solución es desconocida para el estudiante, este posee los saberes relativos a la exigencia o es capaz de construirlos a partir de la situación inicial, para resolverlo y está motivado para ella.” (Jiménez, 2010)

- “(...) situación contradictoria de la realidad objetiva que aparece en el objeto (contenido de la enseñanza y el aprendizaje) y es asumida por el sujeto cognoscente (estudiante) como tal el cual se motiva con arreglo a un objetivo (exigencia de la sociedad) a darle solución con el uso de métodos y procedimientos de aprendizaje que se traducen en la adquisición y desarrollo de conocimientos, habilidades, y el sistema de valores de la sociedad (como modos de actuación) en la cual se educa.” (García y Colunga, 2010)

Las definiciones anteriores aluden a la actividad cognoscitiva y a la motivación como indicadores de esencia de los problemas matemáticos. Sus autores enriquecen las anteriores conceptualizaciones al considerar la motivación como otro elemento medular en la solución de problemas, aspecto de gran importancia también dentro de la enseñanza de

la Matemática. No obstante, su limitación reside en no considerar otro rasgo que caracteriza a los problemas propiamente matemáticos, como lo es la presencia de relaciones matemáticas.

2.1.2. Definiciones desde el punto de vista matemático

Paralelamente a las investigaciones que prestan mayor importancia al aspecto subjetivo de la solución de problemas, se desarrollaron otras que dedicaron especial interés al estudio del objeto en sí (problema matemático). Los citados estudios permitieron profundizar en las características de los mismos, tales como: componentes estructurales y forma de presentación (formulación). Entre dichas investigaciones se destacan las realizadas por: Geissler y col. 1975; Labarrere, 1987, 1988; Ballester y col., 1992; Puig, 1996; Guirado, 2000).

En las definiciones aportadas por los citados investigadores se hace alusión indistintamente sobre los elementos siguientes: presencia de relaciones matemáticas en las situaciones descritas, necesidad de emplear medios matemáticos en su solución y uso del lenguaje verbal para formularlos. Ejemplos de las definiciones con esas características son las siguientes:

- “(...) un problema matemático es una narración lacónica en la que el valor de algunas magnitudes está implícita y se necesita hallar otro valor de la magnitud, dependiente de los valores ya dados, con los cuales mantiene determinadas relaciones que se señalan en las condiciones.” (Labarrere, 1987)
- “Los problemas son ejercicios en los cuales se describen situaciones tomadas de la vida y en las que se presentan relaciones entre conjuntos o representantes de magnitudes.” (Geissler, 1975)
- “Por problemas con texto se comprende determinada narración, hecha en el lenguaje cotidiano o corriente donde se describe determinado fenómeno, proceso u objeto, del cual se ofrecen ciertas propiedades cuantitativas y se requiere hallar otras no directamente expuestas en el enunciado.” (Labarrere, 1988)
- “Un problema es un ejercicio que refleja, determinadas situaciones a través de elementos y relaciones del dominio de la ciencia o la práctica, en el lenguaje común y exige de medios matemáticos para su solución.” (Ballester y col., 1992)
- (...) un problema matemático es el resultado del análisis de una situación problémica que presenta una organización peculiar de las formas espaciales, magnitudes o las relaciones

cuantitativas del mundo real, que necesita para ser solucionado de vías, métodos y/o procedimientos matemáticos.” (Guirado, 2000)

Las anteriores definiciones fueron elaboradas por especialistas dedicados al estudio de la enseñanza y el aprendizaje de la solución de problemas matemáticos. Ello condicionó que enfatizaran en las características que de los problemas matemáticos se manifiestan en la práctica educativa, tales como: presencia de relaciones y medios matemáticos en su solución; así como la formulación verbal. Aunque se reconoce el valor de estos aspectos, para la elaboración de dicha definición no se puede reducir el análisis a ellos.

2.1.3. Definiciones que buscan la integración de los elementos

Para la Didáctica de la Matemática es importante tener en consideración tanto, las características peculiares de los problemas matemáticos, como la actividad cognoscitiva que desplegarán los escolares en el proceso de su solución. Es por ello que otros investigadores (Puig, 1996; Vila y Callejo, 2004; González, 2005) han tenido en cuenta para elaborar sus definiciones elementos psicológicos y de la enseñanza de la Matemática; logrando así un mayor equilibrio de estas posturas en sus conceptualizaciones. Véanse los siguientes ejemplos:

- “Un problema escolar de matemática es una tarea de contenido matemático, cuyo enunciado es significativo para el alumno al que se ha planteado, que este desea abordar y para lo cual no ha producido sentido.” (Puig, 1996)

- “(...) situación planteada con finalidad educativa, que propone una cuestión matemática cuyo método de solución no es inmediatamente accesible al alumno – resolutor o grupo de alumnos que intenta resolverlo, porque no dispone de un algoritmo que relacione los datos y la incógnita o de un proceso que identifique automáticamente los datos con la conclusión, y por lo tanto deberá buscar, investigar, establecer relaciones, implicar sus afectos, etc. para afrontar una actuación nueva.” (Vila y Callejo, 2004)

- “Un problema matemático con texto puede considerarse como una exposición en el lenguaje cotidiano, de determinado hecho, proceso u objeto, del cual nos dan directamente ciertas características (magnitudes, valores, etc.) y se nos pide (exige) hallar otras, que no son directamente ofrecidas en el enunciado.”

a) La vía de solución debe ser desconocida para provocar el proceso de búsqueda que desarrolla el pensamiento.

b) La persona debe querer resolver el problema (motivación). (González, 2005)

Este último investigador elabora una nueva definición al asumir elementos aportados por Labarrere en cuanto a las características objetivas de los problemas matemáticos que serán objetos de enseñanza; así como las condiciones señaladas por Campistrous y Rizo en relación a la actividad cognoscitiva que debe desplegar el escolar – resolutor; así como a la motivación de los sujetos por la actividad.

Las anteriores definiciones poseen un carácter integrador, ya que en las mismas se tienen en cuenta los rasgos que caracterizan a los problemas matemáticos desde el punto de vista psicológico (actividad cognoscitiva y motivación) y matemático (presencia de relaciones y medios matemáticos para su solución). También se tienen en cuenta el carácter verbal de sus formulaciones. No obstante, se limitan a caracterizar los problemas matemáticos, por lo que no logran explicar las causas de su origen, funcionamiento y desarrollo; función esencial de cualquier definición teórica.

2.2. *Hacia una nueva definición de los problemas matemáticos*

Las diversas definiciones consultadas del concepto de problema matemático hacen referencia indistintamente a los elementos siguientes:

- Subjetividad:
 - a) Desconocimiento de la vía de solución por el resolutor (González, 1956; Rubinstein, 1966; Labarrere, 1988; Fridman, 1995; González, 1995; Albarrán, 2005).
 - b) El resolutor desconoce la vía de solución y está motivado por hallarla (Hayes, 1981; Mayer, 1986; González, 1995; Campistrous y Rizo, 1996; Fraga y Acosta, 2001; Ontoria, 2006; Jiménez, 2010; García y Colunga, 2010).
- Presencia de relaciones matemáticas: en la solución se requiere del empleo de medios matemáticos (Geissler y col., 1975; Labarrere, 1987, 1988; Ballester y col., 1992; Guirado, 2000).
- Existencia como texto: uso del lenguaje verbal para formularlos (Rubinstein, 1966; Labarrere, 1987, 1988; Puig, 1996).

Al analizar las definiciones del concepto de problema anteriormente expuestas, los autores del artículo señalan como limitaciones de las mismas lo siguiente:

- a) No existe consenso en las definiciones en cuanto a las características esenciales del concepto.

b) Enfatizan más en la caracterización del objeto que en la explicación de su funcionamiento, por lo que no tienen en cuenta todos los criterios de esencia necesarios para definir teóricamente un concepto.

Teniendo en cuenta lo anteriormente planteado, se sostiene el criterio que existen limitaciones en la teoría existente sobre el concepto de problema matemático. Es por ello que se requiere de un acercamiento teórico mayor a la esencia de tal concepto. Para lograr un mayor grado de elaboración teórica del concepto en cuestión se hace necesaria la sistematización de las contribuciones teóricas existentes en relación a su conceptualización. Para ello se considera primordial la solución de las situaciones siguientes:

a) Determinación precisa de las propiedades esenciales del concepto de problema matemático.

b) Explicar la dinámica del objeto de estudio en cuestión (concepto de problema matemático), prestando más importancia a los criterios de esencia que permiten lograr una explicación de su funcionamiento, siendo los siguientes: causa del desarrollo, leyes que lo rigen y tendencias de su desarrollo (Rodríguez y Bermúdez, 2005).

El psicólogo Rubinstein, reconoce que: “Por su propia esencia, el problema es siempre una formulación verbal y constituye un testimonio vivo de la unidad formada por el pensamiento y el lenguaje.” (1966, p. 112). Ello significa que desde una concepción dialéctico – materialista, todo problema surge de la necesidad de formular verbalmente una situación problémica identificada, lo que está condicionado por la imposibilidad de pensar sin mediación del lenguaje (Rubinstein, 1966; Luria, 1980; Petrovski, 1980; Vigotski, 1982; Azcoaga, 2003).

Por eso el problema matemático como manifestación externa de la realidad constituye un texto que surge de un estado psíquico denominado situación problémica; manifestándose de esa forma la dinámica de lo interno y lo externo en el desarrollo de la personalidad. Esto a su vez determina el surgimiento del problema como formulación verbal y por ende su expresión (materialización) como texto. A ello no escapa el problema matemático, pues aunque puede formularse en diversos códigos, siempre su origen es verbal.

Las anteriores ideas condicionan la necesidad de redefinir el concepto de problema matemático, prestando mayor importancia a la implicación del pensamiento y el lenguaje en el surgimiento (existencia) de los problemas. Por tanto se define como problema matemático al *enunciado que describe una situación desconocida y de interés para el*

resolutor que contiene relaciones cuantitativas, el cual surge de la necesidad de expresar verbalmente las situaciones problémicas debido a la imposibilidad de solucionarlas prescindiendo del lenguaje.

Desde esta perspectiva se logra un mayor acercamiento teórico al concepto en cuestión porque permite explicar su funcionamiento y no únicamente caracterizarlo; aspecto este último más señalado en los estudios precedentes. El producto de esa actividad resulta entonces una importante contribución teórica a la Didáctica de la Matemática.

3. CONCLUSIONES

En las definiciones del concepto de problema matemático se evidencian como tendencias: el sobredimensionamiento de elementos psicológicos (intensidad de la actividad cognoscitiva y motivación), énfasis en rasgos externos (presencia de relaciones matemáticas, empleo de medios matemáticos para su solución y uso del lenguaje verbal en su formulación) y búsqueda de integración entre los elementos psicológicos y externos.

Las definiciones del concepto de problema matemático poseen un carácter predominantemente descriptivo, pues enfatizan en los rasgos que caracterizan a los problemas matemáticos, por lo que se aprecia limitaciones en la función explicativa de dicha conceptualización.

El concepto de problema matemático constituye una categoría esencial de la Didáctica de la Matemática, por lo que las limitaciones en su definición, trae consigo vacíos desde el punto de vista teórico.

4. REFERENCIAS

- Albarrán, J. (2005). Las formas de trabajo heurístico en el proceso de enseñanza – aprendizaje de la matemática escolar. En Albarrán, J., Suárez, C., González, D., Bernabeu, M., Villegas, E., Rodríguez, E., Ledesma, D. (coords.), *Didáctica de la Matemática en la Escuela Primaria* (pp. 1 – 56). La Habana: Pueblo y Educación, p. 28.
- Azcoaga, J. (2003). *Del lenguaje al pensamiento verbal*. La Habana: Pueblo y Educación.
- Ballester, S., Santana, H., Hernández, S., Arango, C., García, M. Gómez A. (1992). *Metodología de la enseñanza de la Matemática*, t. I. La Habana: Pueblo y Educación, p. 407.
- Campistrous, L. y Rizo, C. (1996). *Aprende a resolver problemas aritméticos*. La Habana: Pueblo y Educación, p. IX.
- Fraga, D. y Acosta, M. (2001). La enseñanza de la Matemática por problemas. En: Torres, P., Fraga, D., Acosta, M., Fernández, J., García, L., Benito, J. (coords.), *Tendencias iberoamericanas en la educación matemática* (pp. 67-79). México: Universidad Autónoma de Sinaloa.

- Fridman, L. (1995). Metodología para resolver problemas de Matemáticas. México: Grupo Editorial Iberoamérica, p. 13.
- García, J. y Colunga, S. (2010). La resolución de problemas matemáticos: reflexión para su tratamiento. (CD – ROM) EN MEMORIAS V CONGRESO INTERNACIONAL DIDÁCTICAS DE LAS CIENCIAS. La Habana, pp. 1 – 2.
- Geissler, E., Sieber, J., Starke, H., Wolf, A. (1975). Metodología de la enseñanza de la Matemática de 1ro. a 4to. grado. Tercera Parte. La Habana: Pueblo y Educación, p. 58.
- González, D. (1956). Didáctica o dirección del aprendizaje. Quinta Edición. La Habana: Cultural S. A., p. 307.
- González, D. (2005). Una propuesta didáctica para los maestros primarios sobre la formulación de problemas matemáticos. En Albarrán, J., Suárez, C., González, D., Bernabeu, M., Villegas, E., Rodríguez, E., Ledesma, D. (coords.), Didáctica de la Matemática en la Escuela Primaria (pp. 97 – 144). La Habana: Pueblo y Educación, pp. 102 – 103.
- González, F. (1995). El Corazón de la Matemática, Venezuela. ISBN 980 – 327 – 200 – 4, p. 22.
- Guirado, V. (2000). Desarrollo del aprendizaje significativo para la solución de problemas matemáticos en los escolares con retardo mental. Tesis de Maestría, CELAEE, La Habana, p. 36.
- Hayes, J.R. (1981). The complete problem solver. Philadelphia, PA: Franklin Institute Press, p. I.
- Jiménez, M. (2010). Una concepción en el aprendizaje desarrollador de la Matemática. En: Sifredo, C. y Pupo, N. (coords.), Didácticas de las Ciencias. Nuevas perspectivas. La Habana: Educación Cubana, p. 185.
- Labarrere, A. (1987). Bases psicopedagógicas de la enseñanza de la solución de problemas matemáticos en la escuela primaria. La Habana: Pueblo y Educación, p. 8.
- Labarrere, A. (1988). ¿Cómo enseñar a los alumnos de primaria a resolver problemas? La Habana: Pueblo y Educación, pp. 1 – 2.
- León, T., Barcia, R., Albarrán, J., Martínez, Y., Parets, A., Bermúdez, J. (2012). Sugerencias de trabajo metodológico para el fortalecimiento de la Matemática en la Educación Primaria. La Habana: Pueblo y Educación.
- Luria, A. (1980). Lenguaje y pensamiento. Barcelona: Fontanella.
- Mayer, R.E. (1986). Pensamiento, resolución de problemas y cognición. Barcelona: Paidós, p. 5.
- Ontoria, A (2006). Aprendizaje centrado en el alumno. España: Narcea, p. 173.
- Petrovski, A. (1980). Psicología general. Moscú: Progreso.
- Puig, L. (1996). Elementos de resolución de problemas. Granada: Comares, p. 28.
- Rodríguez, M. y Bermúdez, R. (2005). Las leyes del aprendizaje. La Habana: Pueblo y Educación.
- Rubinstein, S. (1966). El proceso del pensamiento. La Habana: Universitaria, p. 24 y p. 112.
- Vigotski, L. (1982). Pensamiento y lenguaje. La Habana: Pueblo y Educación.
- Vila, A. y Callejo, M. (2004). Matemáticas para aprender a pensar. El papel de las creencias en la resolución de problemas. Madrid: Narcea S.A., p. 31 – 32

LA DIDÁCTICA DE LA GEOMETRÍA EN FUNCIÓN DEL DESARROLLO TECNOLÓGICO DE LA PEDAGOGÍA CONTEMPORÁNEA

Lic. Henry Fernández Rodríguez^{1*}; Dr. Michel Enrique Gamboa Graus²

¹Licenciado en Educación, especialidad Matemática-Computación. Profesor asistente de Geometría en el departamento de Matemática-Física de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Ciencias Pedagógicas "Pepito Tey", Las Tunas, Cuba.

²Licenciado en Educación, Especialidad Matemática-Computación. Doctor en Ciencias Pedagógicas. Profesor Titular. Coordinador de Investigaciones del Centro de Estudios Pedagógicos de la Universidad de Las Tunas, Cuba. E-mail: michelgg@ult.edu.cu

*Autor para la correspondencia. Email: henryfr@ucp.lt.rimed.cu

Recibido: 25-9-2016 / Aceptado: 1-10-2016

RESUMEN

Las escuelas contemporáneas se dotan de nuevas tecnologías, entre ellas las computadoras, por lo que constituye un reto su utilización en el proceso de enseñanza-aprendizaje. El proceso de enseñanza-aprendizaje de la Geometría es uno de los que presenta mayores dificultades en la Matemática Educativa actual. Estas están relacionadas fundamentalmente con la actualización didáctica necesaria para hacer corresponder dicho proceso con los adelantos tecnológicos existentes en campos como la informática y la comunicación. En el trabajo se ofrecen recomendaciones metodológicas a los profesores y se muestran algunas actividades diseñadas donde se utiliza un programa computarizado de aplicación como es el Geogebra, que facilita revelar sus cualidades y potencialidades y transformar el proceso didáctico de la Geometría. En estas se tienen en cuenta los niveles de desarrollo del pensamiento geométrico, la formación por etapas de las acciones mentales y la didáctica para un aprendizaje desarrollador. Su implementación práctica, en el centro de referencia provincial, reveló cambios actitudinales de los estudiantes hacia la asignatura y mejoras significativas en su aprendizaje.

Palabras clave: Geometría; enseñanza; aprendizaje; actividades.

DIDACTICS OF GEOMETRY ACCORDING TO THE TECHNOLOGICAL DEVELOPMENT OF THE CONTEMPORARY PEDAGOGY

ABSTRACT

Contemporary schools are provided with new technologies, including computers, so it is challenging its use in the teaching-learning process. The process of teaching and learning of geometry is one of the major difficulties in the current Mathematics Education. These are mainly related to the necessary update of didactics to match the process with existing technological advances in fields such as Information and Communication. At work, methodological recommendations are offered to teachers and some activities designed where a computer

application program is used as the Geogebra, which facilitates reveal their qualities and potentials and transform the educational didactic process of geometry. Levels of development of geometrical thinking are taken into account, the stepwise formation of mental actions and teaching for a developer learning. Its practical implementation in the provincial center of reference, revealed attitudinal changes of students towards the subject and significant improvements in their learning.

Key words: Geometry; teaching; learning; activities.

1. INTRODUCCIÓN

En los momentos actuales, nuestro país está inmerso en la realización de profundas transformaciones con la finalidad de hacer corresponder el modelo de hombre que ella necesita con el sistema social que construimos, de manera tal que este pueda vivir en un mundo donde el inevitable proceso de globalización impone nuevos retos dados por el desarrollo de la ciencia, la técnica y las comunicaciones. Estas transformaciones en el sector educacional se reconocen en Cuba como la tercera gran revolución educacional y cultural.

La introducción de las computadoras personales y de programas de computación para la enseñanza hacen que surjan varias interrogantes, tanto por parte de los docentes que deben implementar su uso al desarrollar el currículum diseñado, como por los estudiantes que deben utilizar los mismos; esto se da en las diferentes asignaturas y áreas del conocimiento del que no escapa la enseñanza de la matemática y en particular de la geometría.

Luego es necesario que se modifique la concepción tanto de la enseñanza como del aprendizaje de la geometría. Esto implica un cambio en la manera de pensar de los profesores y desde luego de diseñar las estrategias, las tareas independientes y actividades extradocentes. Esto debe hacerse de manera que exista, en dependencia de las condiciones concretas de escuela, alumnos y propias de la comunidad, la coherencia necesaria para el éxito del proceso y que propicie un cambio en los modos de actuación de los estudiantes hacia el aprendizaje y los hábitos de estudio.

Este trabajo fue resultado del proyecto de Investigación “Didáctica de las Ciencias Exactas” y tiene como propósito contribuir al desarrollo de la creatividad de los profesores al mostrar algunas de las posibilidades de utilización de las tecnologías de la Informática en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la geometría. Para ello se diseñaron actividades teniendo presente los principios de una didáctica desarrolladora y los niveles de pensamiento en esta área de la matemática, los cuales evidencian en la práctica el cambio de actitud de los estudiantes hacia la asignatura.

2. METODOLOGIA

2.1. Fundamentos teóricos

Desde el punto de vista psicológico, pedagógico y sociológico el trabajo se basa en la concepción de aprendizaje reflexivo dado por E. A. Velázquez, L. G. Ulloa y J. L. Hernández (2011), como "aquel en el que el sujeto se apropia de la experiencia histórico-social acumulada durante el desarrollo de la humanidad, (...) por la puesta en práctica de una intensa actividad reflexiva que le permite establecer sus propios procedimientos y estrategias de solución, apoyados en sus experiencias y vivencias, para encontrar las respuestas que correspondan, (...) aportando sus recursos, enriquecidos en la interacción con otros, transformándose él y la realidad en que actúa, todo lo cual favorece su desarrollo integral como personalidad".

En tal sentido, se considera con los siguientes atributos valorados de una forma integradora, sin hiperbolizar ni menospreciar uno u otro. Es un proceso de apropiación individual de la experiencia social, es regulado, se aprende en la actividad y como resultado de esta. En él se debe potenciar el tránsito progresivo de la dependencia a la independencia, complementando la reestructuración y la asociación. Es cooperativo, contextualizado, mediado por la existencia de los demás, a la vez que debe ser desarrollador.

También se toma como base los criterios de M. Escalona (2007), quien presenta la mediación didáctica en un plano de los recursos informáticos como "...el diseño de situaciones educativas donde el estudiante actúe, participe, construya, descubra y redescubra el conocimiento mediante su interacción con los recursos informáticos, de modo que se favorezca su aprendizaje y desarrolle un pensamiento crítico y creativo a través del trabajo tanto individual como en colectivo".

Así, se precisa organizar el proceso de enseñanza-aprendizaje hacia la búsqueda activa del conocimiento por el alumno. Para ello se hace necesario concebir actividades desde posiciones reflexivas que estimulen el desarrollo del pensamiento y la independencia. Al mismo tiempo, se debe fomentar formas de actividad y de comunicación colectivas, estimulando la valoración y la interacción de lo individual con lo colectivo.

Existen tres características de las computadoras que poseen gran importancia desde el punto de vista didáctico, las cuales deben ser valoradas por el profesor para decidir su utilización como recurso en el desarrollo del currículum. Por una parte, estas proporcionan una forma cómoda de gestionar y representar la información, permitiendo que el alumno

dedique mayor atención al sentido de los datos y al análisis de los resultados. Otra de las posibilidades es de ejecutar con gran rapidez dibujos, cálculos, entre otras órdenes de muy distinto tipo, por lo que se pueden simular experiencias aleatorias, trazar gráficos, entre otras actividades. La tercera característica es la de interactuar con el estudiante, que puede intervenir en determinados momentos proponiendo datos o tareas nuevas en función de los resultados que se van obteniendo, convirtiéndose en un poderoso instrumento de exploración e indagación, todo lo cual hace que su uso sea altamente motivante.

El profesor debe valorar el tiempo que se necesita para el uso de asistentes matemáticos como el que se emplea en esta propuesta o de otros como el geómetra. Al mismo tiempo debe considerar en qué actividades utilizarlos de manera que se facilite la calidad del aprendizaje, lo que incluye el manejo por los estudiantes de dichos asistentes. Esto, debe hacerse desde con un análisis de las potencialidades y carencias que estos poseen para lograr los objetivos trazados, ya sea en la clase o de apoyo a ella.

En la propuesta que se presenta en este artículo también se toma en consideración, por una parte lo referido a la actividad, su estructura y su rol en el aprendizaje donde particularmente desempeña un importante papel la formación por etapas de las acciones mentales desarrolladas por Galperin y trabajadas en investigaciones como O. Joaquim (2014), J. B. Juárez y M. R. Bonilla (2014), y otros. Por otra parte, los aspectos referentes a la necesidad del aprendizaje cooperativo o colaborativo a partir del reconocimiento del componente social del aprendizaje, del aprender con otros y de otros que en la psicología social se conocen como Zona de Desarrollo Próximo (ZDP). Este supuesto permite valorar desde perspectivas educativas, el trabajo que desempeña un sujeto con otros a favor de un aprendizaje determinado, la importancia que se le asigna al compartir con otros abre nuevos caminos para generar estrategias de enseñanza-aprendizaje centradas en el crecimiento colectivo.

Se conoce, además, que uno de los objetivos de la matemática educativa está dirigido al desarrollo del pensamiento lógico en los estudiantes. En particular la geometría posee potencialidades inigualables para contribuir al cumplimiento del mismo, muy especialmente si se tienen presentes al diagnosticar y diseñar las estrategias los niveles de Van Hiele (1999) del desarrollo del pensamiento geométrico con sus fases. Sin embargo, también es necesario considerar el nivel de actualización que sobre estos niveles se encuentran en investigaciones de autores como Gamboa, R. y Vargas, G. (2013).

Como parte del proyecto de investigación, del que forman parte los autores, sobre el aprendizaje del adolescente del 7º grado de la educación secundaria básica que se

desarrolla en la provincia, se concibió la instrumentación de situaciones de aprendizaje. Estas tomaron en consideración de forma dialéctica los elementos que aportan estas teorías que se trataron, unidos a los de investigaciones desarrolladas por Escalona, M. (2007); Rojas, O. (2009), Portilla, Y. (2012), S. Ballester (2013), O. Coloma (2015), y otros que aportan elementos para elevar la calidad del aprendizaje al integrar las TIC a la enseñanza-aprendizaje. De esta manera se buscó elevar el grado de efectividad del aprendizaje aspirado por el modelo del egresado de este nivel educacional.

2.2. Propuesta realizada

Para el logro del propósito del trabajo, se utilizó el geogebra como programa computarizado disponible. El mismo brinda un potencial extraordinario y posibilita transformar el proceso de enseñanza - aprendizaje de la geometría en favor de lograr resultados más efectivos. El programa se caracteriza por su versatilidad y fácil uso, además por interactuar de una forma dinámica con los objetos geométricos, lo cual propicia a los alumnos experiencias de las que antes no disponían. Además, este es un software matemático interactivo libre que permite el trazado dinámico de construcciones geométricas de todo tipo así como la representación gráfica, el tratamiento algebraico y otras bondades muy útiles para el trabajo educativo. Esto genera actividades, ejercicios y problemas más desarrolladores, diferentes a los usuales con lápiz y papel.

La utilización de la computación en la exploración de los objetos geométricos, por parte de los alumnos, permite que estos formulen conjeturas para analizar la variación o no de propiedades y relaciones al modificarlas, obtener ideas para argumentar su validez, entre otras cuestiones. Esto además favorece la comunicación y sus descubrimientos y que sistematicen constantemente sus conocimientos, lo que hace que se desarrolle su pensamiento matemático ya que se acercan al quehacer propio de los matemáticos.

Este proceso requirió el planteamiento y desarrollo de una serie de acciones que posibilitaron concretar las ideas teóricas, las mismas se listan a continuación.

2.2.1. Acciones para crear las condiciones necesarias

La implementación de las actividades consistió en el proceso de ponerlas en funcionamiento en la práctica escolar, la aplicación de métodos, el diseño de acciones, la toma de decisiones y medidas para llevarlas a cabo exitosamente a través de varios momentos. Estos incluyeron la selección de los profesores, el diseño de acciones de preparación para crear las condiciones necesarias, entre otros como evaluación y

perfeccionamiento de las propuestas. Algunas de las acciones implementadas se tratan a continuación.

- Preparar, tanto en la teoría como en la práctica, a los profesores en los presupuestos antes expresados.

Esto se hizo a través de talleres y sesiones de debates sobre los diferentes aspectos de la preparación. Estos contaron con diferentes técnicas participativas, estudio previo de materiales, exposición de la interpretación de los mismos, entre otras características.

- Instalar los programas computarizados.

Se instalaron en los laboratorios de informática tanto el geogebra como el geómetra para ir generalizando las acciones a diversos asistentes matemáticos.

- Desarrollar sesiones de trabajo para revisar las cualidades y potencialidades de los dos programas.

Por presiones del tiempo fue imposible agotar esta, de manera que quedó como trabajo individual profundizar en este sentido. Sin embargo, es necesario tratar de hacerlo de manera presencial utilizando formas típicas de exposición, ejemplificación e ilustración para mostrar cualidades como la interactividad, flexibilidad, extensibilidad, y transposición didáctica que caracterizan la dinámica que adquiere el proceso en que participen estas tecnologías.

- Analizar la unidad que se quiera abordar.

Se trabajó en la Unidad de geometría del 7º grado. Se revisaron, entonces, los documentos que recogen orientaciones metodológicas al respecto, de manera que facilitara la obtención de ideas relacionadas con el empleo de las cualidades y potencialidades del programa computarizado.

- Valorar los resultados del diagnóstico integral aplicado por los profesores.

Aquí se tuvo en cuenta su evolución en lo que iba de curso y en particular de la unidad, así como de las experiencias de los profesores al impartir estos contenidos. Además, se consideraron las condiciones reales de utilización de los laboratorios de computación por los estudiantes y profesores.

- Diseñar las actividades por desarrollar.

Esto se hizo de manera que se tuvieran presentes los presupuestos teóricos de base.

- Realizar sesiones de trabajo con los alumnos en el laboratorio de computación.

Esto fue crucial para enseñarlos a interactuar con los programas, a la vez que se diagnosticaban los conocimientos de los alumnos sobre los principales conceptos de los entes y figuras que serían objeto de estudio. La intención es que todos sean capaces de llegar a estos niveles en que, además de su pensamiento, utilizan herramientas acordes al desarrollo tecnológico existente para la solución de los problemas.

- Implementar las actividades diseñadas.

El trabajo en colectivo para establecer cómo concebir el desarrollo de las actividades propició sugerir las siguientes orientaciones metodológicas:

2.2.2. Orientaciones metodológicas para ejecutar las actividades

Acorde con las actividades se sugiere la formación de equipos de tres o cuatro alumnos de manera que se puedan distribuir las tareas para los diferentes casos, según el diagnóstico, complejidad de las actividades y el tiempo disponible para su ejecución, así como realizar oponencias del trabajo de un equipo a otro. Lo que se busca es garantizar un proceso didáctico que promueva el ejercicio de la comunicación, la interacción y la crítica sobre las propias soluciones, como condición necesaria para un aprendizaje desarrollador.

La orientación constituye un momento importante para el éxito del aprendizaje, el profesor debe quedar bien seguro que los alumnos han comprendido qué deben hacer, por lo que el control de la asimilación de las orientaciones dadas es indispensable. Aquí es importante que se valore el dominio de los conceptos implícitos necesarios para enfrentar cada actividad, de no dominarse se recomienda la búsqueda de los mismos por diferentes vías.

Se deben concebir sesiones de trabajo donde se socialicen los procesos empleados para llegar a los resultados, así como los propios resultados. De tal forma es posible dar seguimiento individual y colectivo a los estudiantes en su aprendizaje. Además, esto contribuye a que se eduquen en ejercer la crítica y la autocrítica, el establecimiento de juicios de valor, se autoevalúen y coevalúen, además de entrenarse en el uso del vocabulario técnico de la asignatura. Es recomendable utilizar la opción "Histórico" lo que posibilitará describir el procedimiento seguido, que servirá también como controlador del mismo.

Las actividades deben ser combinadas con las consultas y estudios de los aspectos teóricos que aparecen en las enciclopedias del programa libertad y en soporte electrónico encarta, ecured, Wikipedia, con que se cuenta en las escuelas, además de los libros; donde tengan que elaborar resúmenes y fichas de contenido. Estos pueden anteceder o no la actividad asignada según sea el caso. Se sugiere que realicen tablas para sus anotaciones, las que

les facilitarán el análisis de la información.

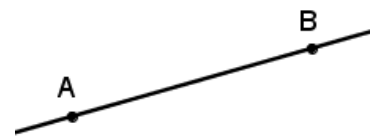
Es recomendable implicar al estudiante en la elaboración de sus propias macro construcciones, que le facilitarían su propio estudio individual y reforzaría la solidez del aprendizaje.

El planteamiento de las actividades debe de tener presente los niveles de desarrollo del pensamiento geométrico (reconocimiento, análisis, clasificación, deducción formal y rigor) con sus fases (información, orientación dirigida, explicación, orientación libre e integración) y la formación por etapas de las acciones mentales (Elaboración de la BOA de tercer tipo, formación de la acción de forma material, formación de la acción como verbal externa y formación de la acción en el lenguaje interno).

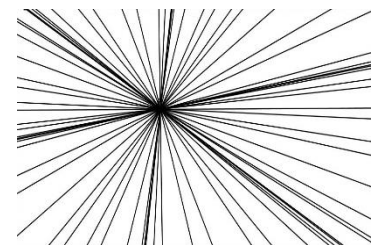
2.2.3. Ejemplos de actividades diseñadas

Para sistematizar algunos de los axiomas de incidencia.

- 1- a) Traza dos puntos diferentes. b) Construye una recta que pase por estos dos puntos. c) Construye otra recta distinta a la anterior que pase por estos dos puntos. ¿Es posible? ¿A qué conclusión llegas?



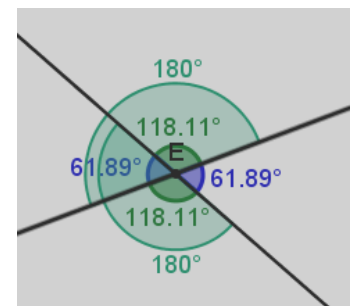
- 2- a) Traza un punto y denótalo. b) Traza una recta que pase por el punto anteriormente trazado. (NOTA: Recuerda que las rectas deben trazarse a partir de dos puntos diferentes). c) Traza varias rectas que pasen por dicho punto. d) ¿Cuántas rectas será posible trazar que pasen por un punto? Elabora una proposición que exprese la conclusión a la que arribas.



Puedes comprobar los casos anteriores a través del doblado de papel, siguiendo un procedimiento similar, lo único que tendrás es que doblar el papel tantas veces de manera que se cumpla, pase por el (o los) puntos seleccionados. Verás que resulta interesante.

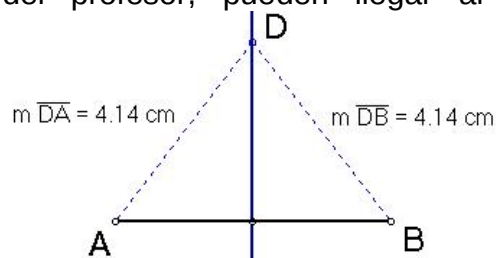
Para relaciones de ángulos entre rectas.

- 3- a) Traza dos rectas que se corten en un punto. Señaliza el punto de intersección. b) Identifica y marca los ángulos, clasifícalos en opuestos por el vértice y ángulos adyacentes. c) Mide las amplitudes de estos ángulos. Mueve por uno de los puntos las rectas. d) A partir de la observación y el análisis del comportamiento de las medidas de los pares de ángulos opuestos por el vértice y



adyacentes ¿a qué conclusión llegas? ¿Qué ocurre cuando uno de los ángulos mide 90° ? ¿Qué relación de posición tienen las rectas?

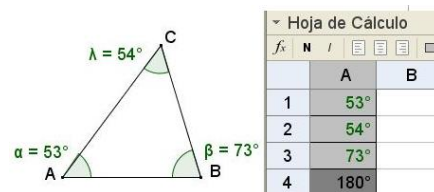
Los propios estudiantes, con adecuada dirección del profesor, pueden llegar al planteamiento de conjeturas sobre las propiedades de la mediatriz de un segmento. Esta actividad, conjuntamente con la número 9, se desarrolló en Geómetra para mostrar también sus potencialidades.



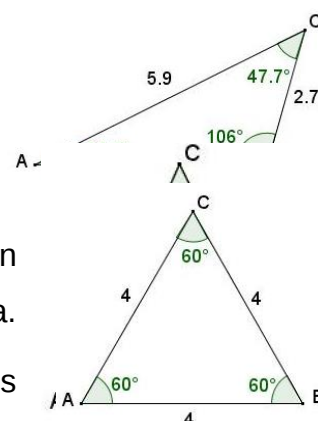
- 4- a) Trazar un segmento y denotar sus extremos. b) Traza la mediatriz de ese segmento. ¿Qué aspectos tuvieron en cuenta para trazarla? c) Seleccionar un punto de la mediatriz de manera arbitraria. d) Medir la distancia del punto sobre la mediatriz a los extremos del segmento, desplaza dicho punto sobre la mediatriz y ve anotando la variación de las distancias, ¿Qué ocurre? ¿A qué conclusión llegas?

Luego, cuando estudien los criterios de igualdad de triángulos podrán realizar una demostración de esta propiedad, apoyándose en estos criterios. Por el momento se puede realizar la búsqueda de todos los elementos iguales, tanto en el triángulo grande formado por los extremos del segmento y el punto seleccionado sobre la mediatriz, como en los dos pequeños que determina la mediatriz, reconocerlos, clasificarlos acorde con la amplitud de sus ángulos, la longitud de sus lados, de manera que se pueda ir sistematizando los conocimientos y preparando el camino para formas de pensamiento más formales. Un trabajo similar se puede realizar con la bisectriz de un ángulo.

La suma de las amplitudes de los ángulos interiores de un triángulo es otra de las temáticas más ricas para realizar el planteamiento de suposiciones o conjeturas y llegar a la proposición a partir de la intuición con el apoyo de este tipo de software.



- 5- a) Construye un triángulo cualquiera y denótalo. b) Mide la amplitud de sus ángulos interiores y calcula su suma. c) Mueve dos de los vértices de manera que obtengas diferentes triángulos. d) Observa como varían las amplitudes de los ángulos interiores. ¿Qué sucede con la suma de dichas amplitudes? e) Valora a partir de los resultados anteriores si son posibles estos casos: tener dos ángulos obtusos, dos ángulos rectos, un ángulo obtuso y uno recto. En cada caso justificar la respuesta.



En el estudio de la relación entre los lados de un triángulo y los

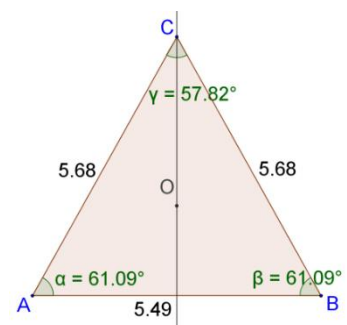
ángulos opuestos el geogebra, el geómetra y otros muchos más asistentes matemáticos brindan posibilidades muy interesantes para llegar a elaborar la proposición de que en todo triángulo a mayor lado se opone mayor ángulo y recíprocamente.

- 6- a) Traza un triángulo y denótalo. a) Mide sus lados y sus ángulos. b) Observa el lado de mayor longitud y compara la amplitud del ángulo que se le opone con el resto de las amplitudes de los ángulos interiores del triángulo ¿qué sucede? b) Observa el lado de menor longitud y compara la amplitud del ángulo que se le opone con el resto de las amplitudes de los ángulos interiores del triángulo ¿qué sucede? c) Mueva los vértices del triángulo y verifica si sigue cumpliéndose esa relación. ¿A qué conclusión llegas? d) Trata de lograr, moviendo dos vértices del triángulo la igualdad de dos lados. ¿Qué sucede con las amplitudes de los ángulos opuestos a esos lados? e) Repite la operación pero de manera que se igualen otro par de lados diferentes al caso anterior y observa qué sucede. ¿y si se igualan los tres lados qué sucede con los ángulos? g) ¿A qué conclusión llegas?

Para el estudio de las rectas notables y sus propiedades.

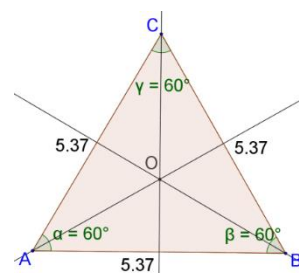
7- Mediatriz:

- a) Traza un triángulo definido por tres puntos y denótalos.
- b) Traza la mediatriz de uno de los lados del triángulo. ¿Qué aspectos tuvieron en cuenta? (Recordar las propiedades y mostrar variaciones del triángulo para confirmar su generalidad).
- c) Fíjate en la mediatriz trazada. ¿Pasa por el vértice opuesto al lado? (Como regularidad no lo hace)
- d) Mueve dicho vértice opuesto hasta lograr que el mismo se encuentre situado sobre la mediatriz. ¿Es posible? ¿Qué sucede con las longitudes de los lados que conforman el vértice? ¿Qué sucede con las amplitudes de los ángulos correspondientes a los otros vértices? ¿Qué tipo de triángulo sería? (Sí es posible, y tanto las longitudes como las amplitudes son iguales porque sería un triángulo isósceles)
- e) Transforma el triángulo de manera que varíe la longitud del lado al cual se ha construido la mediatriz y se mantenga la condición dada en el inciso d). ¿A qué conclusión puedes llegar?



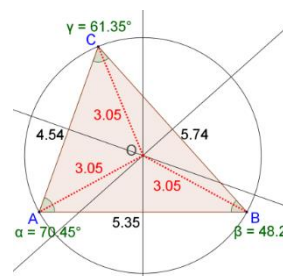
- f) Traza la mediatriz de otro lado. ¿Qué relación de posición tienen las dos mediatrices trazadas? (Se cortan o intersecan en un punto)
- g) Traza la mediatriz del tercer lado. ¿Qué sucede con las tres mediatrices? (Se cortan o intersecan en un único punto común)
- h) Transforma el triángulo en otro cualquiera, moviendo uno o dos de los vértices ¿Qué sucede con las tres mediatrices? (Se mantiene la relación de posición)

- i) Si las tres mediatrices tuvieran un punto común de intersección denótalo por O. Trata de lograr que las tres mediatrices pasen por los vértices opuestos. ¿Es posible? ¿Qué ocurre con las longitudes de los lados y las amplitudes de los ángulos interiores del triángulo? Clasifica el triángulo. (Sí es posible, y tanto las longitudes como las amplitudes son iguales porque sería un triángulo equilátero, y por tanto acutángulo)

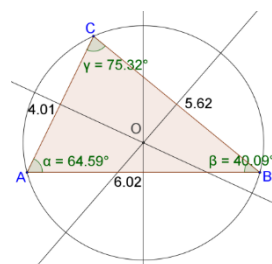


- j) Mueve los vértices del triángulo hasta lograr que los tres ángulos interiores sean diferentes. Traza los segmentos que tienen un extremo en el punto O y el otro en cada uno de los vértices del triángulo. Mide la longitud de estos segmentos. Compara estas longitudes y diga cómo son. ¿Qué puede decir del punto O y los vértices del triángulo? (Las longitudes son iguales y el punto O es equidistante de los vértices)

- k) Mueve los vértices del triángulo para ver qué pasa con la relación de los segmentos medidos en el inciso anterior. ¿Se mantiene o no? (Se mantiene)

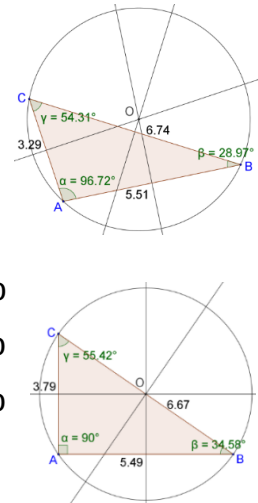


- l) Traza la circunferencia definida por el punto O como centro y cualquiera de los vértices del triángulo. ¿Qué sucede? ¿Cómo se llama esta circunferencia trazada con respecto al triángulo? (Como el punto O equidista de los tres vértices es el circuncentro del triángulo, es el centro de la circunferencia que pasa por los tres vértices del mismo, la que se llama circunferencia circunscrita)



- m) Mueve los vértices del triángulo. ¿Se mantiene la relación de posición entre estos y la circunferencia trazada? (Se mantiene)

- n) Mueve los vértices del triángulo hasta que el punto O sea: interior al triángulo; exterior al mismo; esté sobre uno de sus lados. ¿Es posible? ¿Qué sucede en cada caso? ¿En el tercer caso qué amplitud tiene el ángulo opuesto a este lado? ¿Qué generalidad puedes verificar con respecto a la clasificación del triángulo teniendo en cuenta la amplitud de sus ángulos? (Sí es posible en cada caso y en el tercero se verifica el teorema de Thales. Como generalidad el triángulo es acutángulo, obtusángulo o rectángulo si el circuncentro es respectivamente un punto interior, exterior o está sobre uno de sus lados)



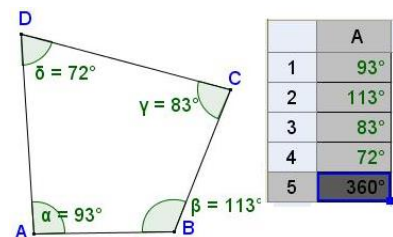
- o) ¿Con todo el trabajo realizado hasta aquí a qué conclusiones llegan?

Otras interrogantes posibles serían: ¿Puede una mediatriz coincidir con alguno de los lados del triángulo? ¿Es siempre el circuncentro de un triángulo un punto interior de dicho triángulo? ¿Puede coincidir con alguno de sus vértices? ¿Puede estar situado en alguno de sus lados? Si el circuncentro está en un lado del triángulo ¿cómo se clasifica el triángulo atendiendo a la amplitud de sus ángulos? ¿y atendiendo a la longitud de sus lados?

De manera similar se pueden realizar para el resto de las rectas notables con la adecuación a las características de cada una.

Para realizar el planteamiento de suposiciones o conjeturas y llegar a la proposición a partir de la intuición, sobre la suma de las amplitudes de los ángulos interiores de un cuadrilátero convexo.

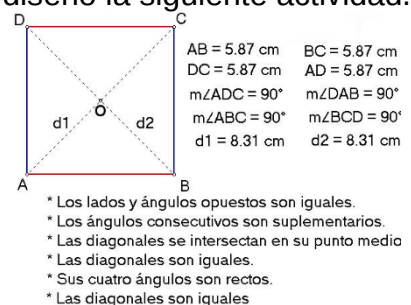
- 8- a) Traza un cuadrilátero convexo cualesquiera y denotarlo. b) Mide las amplitudes de sus ángulos. c) Determina la suma de las amplitudes de sus ángulos. d)



Transforma el cuadrilátero construido, moviendo dos o tres vértices, en los diferentes tipos de cuadriláteros que conoces. e) Anota cómo se comporta la suma de las amplitudes de los ángulos interiores. ¿A qué conclusiones llegas?

Al abordar algunas de las propiedades del paralelogramo se diseñó la siguiente actividad.

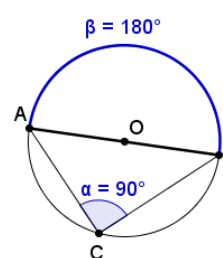
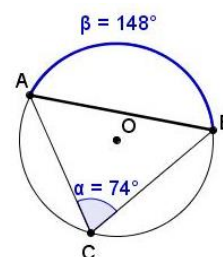
- 9- a) Construye un paralelogramo y denota sus vértices. b) Traza las diagonales del mismo y determina la longitud de estas y la amplitud del ángulo agudo que se forma entre ellas. c) A partir del movimiento de tres vértices transforma el paralelogramo dado en: Rectángulos de



diferentes tamaños. Cuadrados de diferentes tamaños. En rombos de diferentes tamaños. d) Anota en cada caso, según la tabla sugerida, el valor de las longitudes de las diagonales y la amplitud del ángulo que ellas forman, realiza un análisis de las anotaciones realizadas. ¿Qué puedes decir en cada caso?

Estos recursos didácticos también son muy útiles en el trabajo con propiedades de los ángulos inscritos en una circunferencia. Para llegar a la igualdad de las amplitudes de ángulos inscritos sobre un mismo arco, así como elaborar el teorema de Thales sobre los triángulos que tienen un ángulo interior inscrito sobre el diámetro, se pueden utilizar actividades como la siguiente.

- 10-a) Construye una circunferencia de centro O y cualquier radio. b) Traza un arco y designa sus extremos por A y B respectivamente. c) Selecciona un tercer punto que pertenezca a la circunferencia, denótalo por C. d) Determina la amplitud del ángulo $\angle ACB$. e) Mueve el punto C sobre el arco capaz de AB, observa el comportamiento de la amplitud del ángulo $\angle ACB$ ¿Qué puedes suponer? ¿Cuál es tu conclusión? f) Construye la cuerda AB. ¿Qué sucede si la cuerda llega a ser la máxima (el diámetro)? ¿Qué parte de la circunferencia sería el arco AB? ¿Qué amplitud tiene? ¿Cómo podría enunciar esta proposición?



En cada caso se les debe solicitar a los estudiantes que realicen búsquedas en la bibliografía orientada de proposiciones o propiedades similares o iguales a las que ellos han elaborado. Al mismo tiempo, es imprescindible que estos compartan con los compañeros sus resultados y elaboren proposiciones. Con esto se potencia la etapa verbal, para que los estudiantes interactúen entre ellos y puedan transitar el camino del pensamiento que les permite su entendimiento de los conceptos geométricos a las palabras que deben ofrecer para explicar los rasgos y propiedades a sus compañeros o al profesor, como uno de los factores determinantes en el desarrollo individual de cada uno de ellos, de manera que les permita internalizar dichos conceptos y aplicarlos a lo largo de sus vidas.

Como consecuencia, la base del aprendizaje de los estudiantes no es la simple observación o escuchar la información sobre el tema. Las relaciones, enlaces y procedimientos entre los elementos que componen el contenido de los conceptos involucrados se convierten en una condición necesaria para la acción mental. Se propone estimular la gradual, paulatina y en ocasiones imperceptible conversión de acciones externas a acciones intelectuales internas,

y esto es creado en un proceso que ocurre poco a poco en la interacción entre los estudiantes y profesores, con múltiples situaciones de aprendizaje que contengan ejercicios, problemas y actividades. Lo que se busca es garantizar un proceso didáctico que promueva el ejercicio de la comunicación, la interacción y la crítica sobre las propias soluciones, como condición necesaria para un aprendizaje desarrollador.

2.3. Impacto de implementación de las actividades

La escuela escogida fue el centro de referencia provincial. Al utilizar las herramientas de la estadística matemática para la determinación del tamaño de la muestra objeto de estudio con un muestreo irrestricto aleatorio (MIA), se determinó un tamaño de muestra máximo para un nivel de significación del 95% y un error de muestreo de 0,15. Así, la cantidad de estudiantes seleccionados del 7º grado fue de 36.

Para la determinación de la cantidad de estudiantes por cada grupo para el estudio se utilizó el muestreo estratificado con distribución proporcional (**Tabla 1**) y para la selección el muestreo aleatorio simple. Así se garantizó que la muestra tuviera calidad y tamaño apropiados para hacer mínimos los errores de muestreo y fuera representativa para el estudio que se hizo.

Tabla 1: Distribución de la muestra seleccionada por cada uno de los grados

	Escuela	7º-1	7º-2	7º-3	7º-4	7º-5	7º-6	7º-7	7º	8º	9º
Población	751	30	29	30	29	31	33	30	212	274	265
Muestra	36	5	5	5	5	5	6	5	36	0	0
Frecuencia		0,17	0,17	0,17	0,17	0,16	0,18	0,17	0,17		

Desde el propio inicio de la etapa de familiarización, a los alumnos se le facilitó tiempo de máquina con los programas computarizados, para que fueran elaborando hojas de trabajo donde hicieran construcciones y mediciones de las diferentes figuras planas que conocían. Esto fue provocando en los estudiantes el despertar de un interés no usual hacia la geometría, en la medida en que iban descubriendo las potencialidades de los mismos.

Al comenzar la implementación de las actividades diseñadas se notó que los estudiantes se vieron en la necesidad de hacer un uso frecuente del vocabulario técnico de la asignatura para poder expresar los procedimientos utilizados. Tal escenario facilitó el desarrollo y la fluidez en su utilización, así como la concienciación del empleo de los conceptos implicados.

En este proceso se verificó que la utilización de los asistentes matemáticos como el

geogebra posibilita que el alumno despliegue su conocimiento al abordar los ejercicios, problemas y actividades que se presentan. Al mismo tiempo, este comparte sus conocimientos y necesidades con otros. Esto provocó en los estudiantes cambios de actitud ante la asignatura, sintiéndose descubridores del conocimiento.

Uno de los aspectos más apreciables fue la posibilidad de sistematizar los conocimientos geométricos anteriores. En la implementación de las situaciones de aprendizaje surgieron nuevas discusiones, o posibles interrogantes que podían haber sido incluidas en ellas. Lo que denotó la necesidad de someter bien a debate por parte de los profesores los ejercicios diseñados.

3. CONCLUSIONES

Los estudiantes de los distintos niveles educacionales en Cuba, junto a los demás involucrados en el proceso didáctico de la matemática, necesitan un salto cualitativo en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la geometría. Esto permite optimizar esta actividad con el desarrollo de un nuevo tramado de relaciones orientado a considerar la incorporación de las nuevas tecnologías de información y la comunicación en la implementación de situaciones dirigidas a la actualización didáctica que se necesita para desarrollar clases contemporáneas, en un proceso de enseñanza-aprendizaje de la matemática acorde con el desarrollo tecnológico actual.

Las actividades propuestas tienen como bases los niveles de desarrollo del pensamiento geométrico, la formación por etapas de las acciones mentales y la didáctica para un aprendizaje desarrollador. Esto prepara al estudiante para enfrentar una forma de pensamiento de un nivel de desarrollo más formal; permite el manejo del vocabulario técnico de la asignatura, en tanto que tiene que compartir o socializar lo aprendido, lo cual también favorece lo desarrollador y posibilita la sistematización de los conocimientos, pues los alumnos siempre tendrán que partir de los elementos más elementales a los más complejos.

Es necesario que los profesores pongan en ejercicio todas sus capacidades, esfuerzos y voluntad para el cambio de una nueva forma de pensar y actuar, como parte de las transformaciones que se vienen desarrollando en la educación secundaria básica actual, y la disponibilidad de nuevos medios y recursos. La propuesta que se presenta en este artículo puede contribuir a ello, pues promueve clases en las que los estudiantes ofrecen y reciben ayudas entre ellos, en función de sus diferentes zonas de desarrollo próximo. Esto

se logra a partir de una planificación que contempla también la esfera inductora de la personalidad de los estudiantes que participan, en un proceso de colaboración que involucra sus particularidades.

4. REFERENCIAS

- Ballester, S. (2013). Aprendiendo a aprender Matemática con ayuda del Geogebra. CD-ROM XIV Evento Internacional MATECOMPU´2013, Matanzas Cuba.
- Coloma, O. (2015). Conferencia temática: Competencias tecnológicas para docentes ¿Cuáles, cuándo y cómo? En Memorias del Congreso Internacional de Pedagogía 2015. Palacio de las Convenciones. La Habana. Cuba.
- Escalona, M. (2007). El uso de recursos informáticos para favorecer la integración de contenidos en el área de ciencias exactas del preuniversitario. Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Pedagógicas. Holguín Cuba.
- Gamboa, R. y Vargas, G. (2013). El Modelo de Van Hiele y la enseñanza de la geometría. *Uniciencia*, 27(1), 74-94.
- Joaquim, O. (2014). Alternativa didáctica para el proceso de enseñanza-aprendizaje de funciones lineales a partir de las acciones mentales de la teoría de Galperin. _ CD de Memorias de la Primera Jornada Científico-Metodológica "Impacto de la Maestría en Didáctica de la Educación Superior en la República de Angola". Las Tunas. Cuba.
- Juárez-Barrera, J. B. y Bonilla-Sánchez, M. R. (2014). Corrección neuropsicológica en las dificultades de la expresión y la comprensión del lenguaje. *Pensamiento Psicológico*, 72(2), 113-127.
- Portilla, Y. (2012). La ejercitación del aprendizaje mediante software educativo. Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Pedagógicas, Universidad de Ciencias Pedagógicas "José de la luz y Caballero", Holguín.
- Rojas, O. (2009). Modelo didáctico para favorecer la enseñanza aprendizaje de la Geometría del espacio con un enfoque desarrollador. Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Pedagógicas, Instituto Superior Pedagógico "José de la luz y Caballero", Holguín.
- Van Hiele, P. (1999). Developing geometric thinking through activities that begin with play. *Teaching Children Mathematics*, 5(6), 310-316.
- Velázquez E. A., Ulloa L. G., Hernández J. L. (2011) Hacia un aprendizaje reflexivo. Por una Educación mejor y más eficiente. Alemania: Editorial Académica Española.

DESARROLLO DE LA HABILIDAD INTERPRETAR PROBLEMAS QUÍMICOS CON CÁLCULO

MSc. Marianela Parra Aguilera^{1*}; Dr. Michel Enrique Gamboa Graus²; Dra. Juana López Toranzo³; MSc. Regla Ywalkis Borrero Springer⁴

¹Licenciada en Educación, Especialidad Química. Máster en Educación. Profesora Auxiliar. Jefa de Disciplina Química de la Universidad de Las Tunas, Cuba

²Licenciado en Educación, Especialidad Matemática-Computación. Doctor en Ciencias Pedagógicas. Profesor Titular. Coordinador de Investigaciones del Centro de Estudios Pedagógicos de la Universidad de Las Tunas, Cuba. E-mail: michelgg@ult.edu.cu

³Licenciada en Educación, Especialidad Química. Doctora en Ciencias Pedagógicas. Profesora Titular. Jefa de Carrera Biología-Química de la Universidad de Las Tunas, Cuba. E-mail: juanalt@ult.edu.cu

⁴Licenciada en Educación, Especialidad Química. Máster en Didáctica de la Química. Profesora Auxiliar. Jefa de Departamento de Química-Biología-Geografía de la Universidad de Las Tunas, Cuba. E-mail: reglaywalkisb@ult.edu.cu

*Autor para la correspondencia. Email: marianelapa@ult.edu.cu

Recibido: 15-9-2016 / Aceptado: 11-10-2016

RESUMEN

Se presenta la contextualización de la habilidad para interpretar la resolución de los problemas químicos con cálculo matemático. En tal sentido se planteó como objetivo principal proponer un procedimiento didáctico en función de contribuir al desarrollo tal habilidad en la especialidad Biología-Química de la Universidad de Las Tunas. El mismo se caracterizó por establecer relaciones entre los diferentes tipos de cálculos y los procedimientos heurísticos de solución, desde la aplicación de reglas, estrategias y principios. Se integró la realidad contextual de manera que se incrementó el protagonismo de los estudiantes en la asimilación del contenido químico por estudiar. Mediante la implementación del mismo se demostró su factibilidad y eficacia, a partir del incremento de la calidad en los análisis, mostrándose mayores niveles de independencia en los razonamientos al comparar, valorar, y generalizar las relaciones que se establecieron para aplicar la teoría química en la resolución de problemas con cálculo matemático.

Palabras clave: Procedimiento, habilidades, problemas químicos, cálculo.

TEACHING PROCEDURE FOR INTERPRETING CHEMICAL PROBLEMS WITH CALCULATION

ABSTRACT

It is introduced the contextualization of the skill to interpret from solving chemical problems with mathematical calculation. The main objective was intended to propose a teaching procedure in order to the development of such skill in the students from the career Bachelor of Education majoring in Biology-Chemistry at the University of Las Tunas. The procedure is characterized by establishing relationships between different types of calculations and heuristic solution procedures, from the application of principles, rules and strategies. The contextual reality is integrated so that the role of students in the assimilation of chemical content is increased.

By implementing the procedure feasibility and effectiveness is found during the teaching-learning process, starting from the increment of the quality in the analyses, with higher levels of independence in reasoning when comparing, assessing and generalizing the relationships to apply the chemical theory in the resolution of problems with mathematical calculation.

Key words: Procedure, chemical problems, mathematical calculations.

1. INTRODUCCIÓN

La enseñanza de la química en la formación de profesores de esta área, en las universidades cubanas, responde a los objetivos generales del sistema nacional educativo. En tal sentido, mediante esta asignatura se dota a los docentes en formación de los conocimientos, habilidades y actitudes necesarios para su activa participación en el proceso de enseñanza-aprendizaje que se desarrolla en las escuelas.

Los conocimientos se adquieren, desarrollan y demuestran mediante un sistema de acciones o modos de actuación que regulan las relaciones del sujeto con el objeto de estudio. Ese modo de actuación, ese hacer y saber hacer, ese conocimiento puesto en acción es lo que se entiende por habilidad. Al respecto, el desarrollo de habilidades en la asignatura química constituye la esencia de su base gnoseológica. En Cuba estas comienzan a formarse en la secundaria básica, aunque tienen sus antecedentes en la educación primaria y se amplían en el resto de los niveles educacionales.

El desarrollo de las habilidades ha sido abordado por un número significativo de autores desde hace ya bastante tiempo. Entre ellos destacan A. V. Petrovski (1978), A.N. Leontiev (1981), N. F. Talízina (1987), y muchos otros que se han encargado de ir actualizando los fundamentos teóricos, prácticos y metodológicos. En el ámbito cubano se pueden destacar los estudios realizados por H. Brito (1984), F. González (1998), C. Álvarez (1999), U. Mestre (2002), J. G. Ballesteros (2010), si bien hay muchos otros que han aportado soluciones que han constituido indiscutibles pasos de avance.

Igualmente, la resolución de problemas ha sido tratada con profundidad en la literatura científica. Existe un número significativo de autores que comparten el criterio de que la misma ha de jugar un papel fundamental en la enseñanza. Estos ofrecen aportaciones teóricas, prácticas y metodológicas de reconocido rigor científico. Así G. Polya (1984), A. Schoenfeld (1985), W. Jungk (1986), A. Labarrere (1988), S. Ballester et. al. (1992), L. Campistrout y C. Rizo (1996), M. Ferrer (2000), J. Palacio (2003), M. De Guzmán (2007), O. A. Carmenates, M. Rodríguez y M. E. Gamboa (2014), J. L. Sabonete, M. E. Gamboa y U. Mestre (2016), presentan soluciones con métodos y procedimientos para el trabajo con

problemas que pueden ser muy útiles en el proceso de enseñanza-aprendizaje de las ciencias. Al mismo tiempo, trabajos como el de Y. Castillo y M. E. Gamboa (2016) son beneficiosos para favorecer la interdisciplinariedad, aspecto esencial para un interés único que sea más prolongado, estable y profundo.

Asimismo, teniendo presente la importancia que reviste la enseñanza de la Química en la formación de las nuevas generaciones, se destacan algunos investigadores como C. Rojas, L. García, y A. Álvarez (1990), entre otros que en el último año han presentado sus puntos de vista, como N. M. Blanco, D. S. Tort, V. C. Rodríguez y D. Rodríguez (2016), V. V. Delgado, J. E. Palet y S. L. Olivares (2016), P. M. Salazar, B. R. Limia, e I. García (2016), y muchos más. Estos han aportado a la teoría y metodología referida al desarrollo de las habilidades y la resolución de problemas desde la Química.

En la licenciatura en Educación con especialidad en Biología–Química, una de las disciplinas que tiene mayor incidencia es la Química General. Esta persigue, como parte de sus objetivos declarados, consolidar y profundizar en los conocimientos básicos de química. Algunos de los temas básicos que se estudian en la disciplina Química General son la estructura del átomo, las leyes de las combinaciones químicas, las disoluciones, la cinética de las reacciones químicas, el estado de equilibrio químico, la disociación electrolítica y los procesos redox. Estos son contenidos sobre los que se fundamentan el desarrollo de otras disciplinas del plan de estudio como son la Química Inorgánica, la Química Física, la Química Orgánica y el Análisis Químico.

Tales temas contribuyen indiscutiblemente a la concepción dialéctico-materialista del mundo en los estudiantes. Al mismo tiempo, es amplia la aplicación de los mismos en diferentes asignaturas de la educación media y media superior, así como a la vida cotidiana del hombre y su entorno. Es imprescindible, entonces, contribuir al desarrollo de habilidades de los estudiantes para lidiar con ellos.

Las habilidades son entendidas como formaciones psicológicas mediante las cuales el sujeto manifiesta en forma concreta la dinámica de la actividad, con el objetivo de elaborar, transformar, crear objetos, resolver situaciones o problemas, actuar sobre sí mismo como expresión de autorregularse. En correspondencia, una de las habilidades de alta significación es la de interpretar. Al respecto, se han identificado insuficiencias en el desarrollo de la habilidad interpretar problemas químicos con cálculo en los estudiantes de la carrera Biología- Química. Estas se manifiestan al:

- Analizar la información en los problemas por resolver.

- Encontrar la lógica de las relaciones del problema mediante la descomposición de sus elementos.
- Elaborar las conclusiones acerca de los elementos, relaciones y razonamientos que aparecen en cada ejercicio.
- Trabajar con números en notación decimal y científica.

En consecuencia, debido a las insuficiencias detectadas en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la disciplina química general, en este trabajo se planteó como objetivo principal desarrollar un procedimiento didáctico para desarrollar la habilidad interpretar problemas químicos con cálculo matemático. Este permitió enseñar a los estudiantes procedimientos heurísticos adecuados para el desarrollo de esta habilidad en sus diferentes esferas de actuación profesional. El mismo es resultado del proyecto de investigación que se desarrolla en la Universidad de Las Tunas en función de la contextualización didáctica en el proceso de enseñanza-aprendizaje de las ciencias física-química-matemática.

2. METODOLOGÍA

2.1. Consideraciones teóricas

La resolución de problemas químicos con cálculo como actividad cognoscitiva es cualitativamente más compleja que la formal solución de ejercicios, pues son situaciones más abiertas o novedosas que requieren una mayor demanda cognitiva y motivacional. Estos tienen una exigencia para actuar con una vía de solución que es desconocida para los estudiantes, quienes poseen los saberes relativos a la exigencia o son capaces de acceder a ellos a partir de la situación inicial para resolverlos, si están motivados para ello.

Algunas características para la identificación y el trabajo con este tipo de ejercicios, que los convierten en problemas, están fundamentalmente en que sean situaciones desconocidas, en las que no se conoce la vía de solución, sin embargo se desea trabajar en ellas y se tienen los conocimientos necesarios, o potencialmente se pueden alcanzar, para abordar la situación. De ahí la importancia, exigencia y necesidad de incorporar procedimientos al proceso didáctico que ayuden a lidiar con tales características.

El término procedimiento ha sido valorado por diferentes autores. C. Coll (1987) expresa que un procedimiento para el aprendizaje es un conjunto de acciones ordenadas y finalizadas, es decir, dirigidas a la consecución de una meta. Entretanto, M. Rodríguez y R. Bermúdez (1996), lo abordan como la acción encaminada al logro de una tarea

metodológica, a través del correspondiente sistema de medios que emplea la persona para la consecución de esa tarea.

R. M. Álvarez (1997) plantea que los procedimientos concretan las tendencias generales del método. Mientras C. Álvarez (1999) esboza que los procedimientos son los eslabones del método. El método está directamente relacionado con el objetivo, el procedimiento lo hace con las condiciones en que se desarrolla el proceso. El método está conformado por procedimientos. El primero depende de la intención a alcanzar y el segundo del contexto en que se desarrolla. Entretanto, para L. Campistrous y C. Rizo (1996), un procedimiento es la acción de proceder o el método de ejecutar algunas cosas. Se trata de una serie común de pasos definidos, que permiten realizar un trabajo de forma correcta.

Al hacer un análisis de varias definiciones, para este trabajo se asume el concepto propuesto por M. Silvestre y J. Zilberstein (2002), quienes sugieren que los procedimientos complementan los métodos de enseñanza. Ellos expresan que los procedimientos facilitan la aplicación de los métodos y concretan las acciones y operaciones a realizar por los estudiantes en correspondencia con las exigencias de los objetivos y las características de los contenidos. Estos constituyen herramientas didácticas que le permiten al docente orientar y dirigir la actividad del estudiante en la clase y en el estudio. De tal modo se propicia el desarrollo individual, estimulando el pensamiento lógico, el pensamiento teórico y la independencia cognoscitiva. Así, el estudiante se motiva a sentir, pensar y actuar en un clima favorable de enseñanza-aprendizaje.

En resumen, los procedimientos junto a los métodos de enseñanza deben constituir un sistema en correspondencia con el resto de las categorías didácticas. Su aplicación debe ser creadora en correspondencia con el contexto y garantizando que se manifieste la unidad entre la instrucción, la educación y el desarrollo. Tienen que estar en función de lograr la independencia cognoscitiva de los estudiantes, el dominio de sí, la identificación con su profesión, el deseo de ser formadores y de ser ejemplos de modos de actuación. Deben permitir tanto el desarrollo cognitivo como el de sentimientos, actitudes, valores y convicciones que estimulen la formación de la personalidad de los estudiantes, acorde con la realidad en que vive.

2.2. Procedimiento didáctico propuesto

El siguiente procedimiento didáctico se propone tomando como base lo planteado por los autores tratados en el apartado anterior. El mismo consiste en un conjunto de acciones dirigidas a los estudiantes, las que les permitieron involucrarse activamente en el proceso

de enseñanza-aprendizaje. Esto favoreció la adquisición de conocimientos, habilidades y actitudes requeridos para un aprendizaje duradero. Al mismo tiempo permitió tanto controlar el trabajo realizado como identificar los errores, sus causas y cómo eliminarlos mediante un proceso de regulación activa desde el proceso de enseñanza-aprendizaje de la Química General.

El objetivo general del procedimiento didáctico está dirigido a orientar didácticamente a los estudiantes acerca del proceder para lograr el desarrollo de la habilidad interpretar problemas químicos con cálculo en la disciplina Química General. Esto posibilitó estimular los procesos lógicos del pensamiento y la independencia cognoscitiva, a la vez que permitió recopilar información y trabajar con ella siguiendo la lógica del contenido químico, determinando las características, propiedades generales y particulares de cada proceso químico, cuya solución requería emplear cálculos químicos. De tal manera se brindó la posibilidad de trabajar en dependencia del tipo de cálculo químico y de su procedimiento de solución.

En sentido general, el procedimiento didáctico propuesto también promovió:

- La asimilación sistemática de los contenidos químicos según el nivel de complejidad y complementariedad.
- El papel activo del estudiante durante todo el proceso de resolución de los problemas químicos con cálculo.
- El desarrollo de intereses cognoscitivos de la química y profesionales pedagógicos desde su campo de actuación pre-profesional.
- El establecimiento de nexos entre conceptos empíricos y teóricos ya formados.
- Descubrir por parte de los docentes las contradicciones implícitas o encubiertas en el conocimiento y presentarlas ante los estudiantes para continuar el proceso de regulación.
- El trabajo sistemático e intensivo en la resolución de ejercicios de diferentes tipos.
- El trabajo individual y colectivo, con lo que se mejoran las relaciones profesor-estudiante y estudiante-estudiante sobre la base del respeto y la colaboración.

El procedimiento es aplicable a cualquier tipo de problema químico con cálculo. Así se puede emplear tanto para resolver los relacionados con fórmulas químicas y ecuaciones químicas, así como los que tratan las aplicaciones de las leyes de las combinaciones

químicas. El mismo está conformado por las siguientes acciones que deben realizar los estudiantes, las que permitieron lograr mayores niveles de calidad en la interpretación de problemas químicos con cálculo. Estas acciones son:

- **Acción 1:** Determinar los rasgos esenciales que aparecen en el problema químico.

Los estudiantes deberán comprender el problema, a partir de que es un ejercicio que refleja determinadas situaciones a través de elementos y relaciones del dominio de la ciencia o la práctica. Si se trata de un problema con texto en lenguaje común, estos deben leer detenidamente dicho texto varias veces, en función de determinar objetos, descomponer en elementos y establecer rasgos esenciales. Se trata de leer reflexivamente para poder comprender e interpretar lo leído. Es aconsejable que los estudiantes reproduzcan el contenido del problema con sus propias palabras, con lo que se verán exigidos a trabajar con partes lógicas del mismo. Al respecto, ellos deberán traducir ideas, oraciones, frases, no palabra a palabra. Esto les permitirá conocer los recursos que permitan decir un mismo enunciado de diferentes maneras. Así, estos podrán explicar el sentido del problema químico que deben resolver.

Los problemas se caracterizan por tener una situación inicial conocida (elementos dados, datos) y una situación final desconocida (incógnita, elementos buscados). Esta acción, por tanto, posibilita extraer la incógnita y los datos que proporciona el problema.

- **Acción 2:** Identificar, a partir de los datos que aporta el problema, los posibles datos auxiliares que no se explican en el problema, pero son del dominio químico y se necesitan para la solución.

Cuando los estudiantes enfrentan problemas químicos con cálculo, estos deberán estar en condiciones de separar lo dado de lo buscado. Sin embargo, en ocasiones esto no es suficiente para tener acceso a los datos que se necesitan para resolver el problema. En tales situaciones estos deben ser capaces de recordar conocimientos relacionados con lo dado y lo buscado, pues tendrán que utilizar fórmulas químicas, tablas, apéndices para buscar los datos o realizar los cálculos auxiliares (masas molares, cantidad de sustancia, entre otros ejemplos) que usualmente no se describen en el texto del problema químico.

En consecuencia, esta es una acción necesaria para luego poder hacer los análisis correspondientes. En ella es conveniente reformular el problema, con la incorporación de los datos auxiliares encontrados en el dominio químico.

- **Acción 3:** Analizar las posibles relaciones por utilizar a partir de la reflexión sobre la información ya obtenida.

En esta acción el estudiante se involucra en la búsqueda de la idea de la solución y elabora un plan para ello. Es importante destacar que la vía de solución para pasar de la situación inicial a la nueva situación exigida tiene que ser desconocida, porque cuando es conocida deja de ser un problema. Al mismo tiempo, es esencial recordar que esta se obtiene con ayuda de procedimientos y medios auxiliares heurísticos, a partir de la aplicación de principios, reglas y estrategias heurísticos. Aquí se determinan los problemas parciales que se deben resolver, se analiza y descompone la información, se plantean conjeturas y se justifican, se buscan ejemplos y contraejemplos, se establecen semejanzas y diferencias, se buscan argumentos y determinan las relaciones necesarias.

Es importante hacer conscientes a los estudiantes del empleo de los recursos de búsqueda empleados, de manera que se apropien conscientemente de los mismos. Aquí es esencial atender al principio de los impulsos descendentes, lo que ayuda a la independencia cognoscitiva de los estudiantes, y los prepara para resolver los problemas por sí mismos. En esta acción se recomienda la consideración de casos especiales y casos límites, la búsqueda de analogías, la generalización, la reducción a problemas ya resueltos, entre otros principios heurísticos. Es conveniente la utilización de figuras ilustrativas, esbozos o figuras de análisis, tablas en las que se reflejen las relaciones entre los datos, entre otros medios auxiliares.

- **Acción 4:** Calcular las operaciones matemáticas que quedan planteadas a partir de las relaciones determinadas.

Esta es una acción que se centra básicamente en la ejecución del plan de solución vislumbrado. Aquí el estudiante opera matemáticamente pues los problemas químicos con cálculo exigen de medios matemáticos para su solución. Este escribe las relaciones necesarias, despeja la incógnita, o incógnitas, sustituye por los valores, analiza las unidades de medida y la utilización de magnitudes auxiliares, determina el orden de realización de los cálculos y los resuelve. Esto puede llevarse a cabo de forma manual, mental, oral, escrita y mediante tablas o medios de cómputo. Al respecto, es aconsejable potenciar el cálculo oral pues contribuye esencialmente al desarrollo de capacidades mentales, de la memoria y de la capacidad de concentración.

Se debe reconocer la notación en la que se expresan los números y decidir la sucesión de pasos que se ha de realizar en cada operación, aplicando las reglas de cálculo establecidas. Es necesario incluir el control de los cálculos efectuados, porque en el desarrollo de la habilidad no interesa solo el resultado sino cómo se obtiene este de una forma consciente, a partir de la reflexión que insta a comparar, valorar, generalizar. No se puede considerar que se domine el cálculo matemático en problemas químicos cuando solo se posee el control mecánico y se aplica ciegamente sin interpretar su sentido. Las matemáticas están llenas de significados y no hay aprendizaje en los cálculos si no hay comprensión de estos significados.

- Acción 5: Evaluar la solución y la vía.

Esta acción se enfoca en la comprobación de la solución y la reflexión sobre los métodos empleados. Los estudiantes deben plantear y explicar los resultados, ¿cómo han llegado a la solución? o bien, ¿por qué no llegaron? Se trata de volver atrás una vez encontrada la solución, revisarla y discutirla. La idea es tratar de entender no solo que la vía funciona, sino por qué funciona, y si es posible encontrar un camino más simple. Así, estos comprueban si los resultados son confiables, si satisface las preguntas planteadas, si se corresponden con una lógica bien estructurada y si da cumplimiento a la teoría química.

Cuando se está sistematizando la habilidad se requiere su perfeccionamiento continuo. Por tanto, cada intento precisa que los estudiantes conozcan los resultados de sus esfuerzos, valoren los aciertos y errores, y si aparecen estos últimos que se involucren con determinados impulsos del profesor y otros compañeros de clase, procurando corregirlos correctamente. Esto debe realizarse haciendo conscientes a los estudiantes de las barreras que encontraron, cómo las vencieron, por qué se les presentaron y cómo podrían evitarlas. Esta acción se debe potenciar constantemente, de modo que el estudiante aprenda a utilizar conscientemente procedimientos heurísticos y pueda transferir los métodos de trabajo aprendidos a nuevas situaciones. Al respecto, pueden formularse nuevas preguntas sobre la situación resuelta, lo que constituye un aspecto tan importante como la propia resolución del problema inicial.

La labor del profesor es de gran importancia como guía del proceso educativo. Su preparación es indiscutiblemente esencial para dirigir procesos de enseñanza-aprendizaje con las exigencias que se piden en este procedimiento didáctico que aquí se presenta. Se

recomienda que, a largo plazo, desde su formación inicial se realicen acciones como las que ofrecen R. Y. Borrero y M. E. Gamboa (2015). Entretanto, a corto plazo se pueden seguir las siguientes sugerencias:

- Diagnosticar el estado del aprendizaje de los estudiantes para determinar cuáles son las potencialidades y debilidades con las que debe trabajar para que estos se enfrenten a la resolución de un problema químico con cálculo. En el caso de la formación de profesores, este debe diseñar el sistema de clases teniendo en cuenta los resultados del diagnóstico inicial, según los tipos de clases de la educación superior.
- Orientar actividades dirigidas al aprendizaje de procedimientos algorítmicos y heurísticos útiles para resolver un problema químico con cálculo. Al respecto este debe familiarizar previamente a los estudiantes con los procedimientos que deben aprender, así como seleccionar ejemplos apropiados para introducirlos. Asimismo, este debe hacerlos conscientes de las ventajas que ofrece el empleo de los procedimientos heurísticos para propiciar la generalización de su uso. Igualmente, debe capacitarlos para aplicar independientemente reglas, estrategias y principios heurísticos.
- Motivar a los estudiantes sobre la necesidad de resolver problemas químicos con cálculo para la solución de problemas de las diferentes disciplinas de la especialidad, de su práctica pre-profesional y de la vida práctica.
- Desarrollar reflexiones que permitan, partiendo de las experiencias previas de los estudiantes, potenciar el establecimiento de relaciones y aumentar las posibilidades de que el aprendizaje sea duradero.
- Planificar una ejercitación variada, donde se presenten ejercicios por niveles de desempeño cognitivo y ejercicios integradores.
- Orientar la autoevaluación y la co-evaluación de los estudiantes durante la realización de las diferentes actividades.
- Evaluar el aprendizaje a partir del desempeño de los estudiantes.
- Valorar la actuación de cada estudiante, respetando los juicios y criterios emitidos por los mismos a partir de propiciar un clima favorable para el aprendizaje.

Al aplicar el procedimiento didáctico para el desarrollo de la habilidad interpretar de problemas químicos con cálculo se contribuyó al desarrollo del pensamiento lógico, se elevó

el aprendizaje de la química hacia posiciones reflexivas y se motivó a los estudiantes en la necesidad de la correcta interpretación de los problemas para encontrar la vía adecuada de solución. De esta forma se logró que sus estados de ánimo hacia la solución fueran positivos, y se sintieran seguros de aplicar el procedimiento exitosamente. Esto les permitió resolver los problemas propuestos, además de otros de su vida familiar, social o laboral.

2.3. Desarrollo de ejemplo de aplicación del procedimiento

En este apartado se muestra un ejemplo de problema químico con cálculo resuelto en detalles siguiendo el procedimiento didáctico propuesto. Los estudiantes pudieron resolverlo exitosamente transitando por las acciones presentadas, con la guía contextualizada del profesor. El problema es el siguiente:

En el laboratorio de Química General de la Universidad de Las Tunas se realiza un experimento de gran importancia para la especialidad. Los estudiantes necesitan determinar la masa de la sal y de las demás sustancias que se obtienen de la reacción al mezclar 25g de carbonato de calcio con 21,9g de ácido clorhídrico, a partir de condiciones adecuadas para esta reacción. ¿Cuáles son las masas de estas sustancias productos de la reacción indicada?

Acción 1: Determinar los rasgos esenciales que aparecen en el problema químico.

En la primera acción se recomienda utilizar el medio heurístico auxiliar de *lenguaje ventajoso* y reformular el problema en función de sus partes lógicas, este sería algo como:

Al reaccionar carbonato de calcio (25g) con ácido clorhídrico (21,9g) se obtiene una sal y otras sustancias. ¿Cuál es la masa de la sal producto de la reacción? ¿Cuál es la masa de las demás sustancias que se obtienen?

Una vez que se ha comprendido el problema se debe aplicar la regla heurística general de *separar lo dado de lo buscado*, y así extraer la incógnita y los datos que le proporciona el problema.

Dado:

- Masa de carbonato de calcio: 25g
- Masa de ácido clorhídrico: 21,9g

Buscado (incógnita):

- Masa de la sal obtenida: ?
- Masa de las demás sustancias que se obtienen: ?

Acción 2: Identificar los posibles datos auxiliares.

Luego de la primera acción se debe aplicar la regla heurística general de *recordar conocimientos relacionados con lo dado y lo buscado*. Así se deben identificar, a partir de los datos que aporta el problema, los posibles datos auxiliares que no se describen en el texto y que son necesarios. En este caso se debe tratar con la escritura de la ecuación química para lo que se deberán tener presente conocimientos acerca de varios aspectos.

A partir del nombre de las sustancias que aparecen en el texto se deben escribir las fórmulas químicas correspondientes, las que se componen de símbolos y subíndices numéricos que luego serán muy útiles para establecer las relaciones necesarias y realizar los respectivos cálculos para el ajuste de la ecuación. Así, entonces, los reactivos son:

- Carbonato de calcio: $CaCO_3$
- Ácido clorhídrico: HCl

Otros de los datos auxiliares es la identificación de los productos que se obtienen de la reacción de estos dos compuestos. Es cardinal entonces identificar la propiedad química que se presenta en el texto del problema. En este caso reacciona una sal con un ácido y por tanto, a partir del intercambio iónico que se produce en la reacción, se forma otra sal con otro ácido. Las fórmulas químicas de las sustancias se obtienen aplicando las reglas de nomenclatura y notación química en correspondencia con la función química a la que pertenecen (en este ejemplo: sal ternaria e hidrácido), con lo que se puede aplicar el principio heurístico de *analogía*. De tal forma, los productos de la reacción serían:

- Sal → Cloruro de calcio: $CaCl_2$
- Otro ácido → Ácido carbónico: H_2CO_3 Sustancia altamente inestable, la cual se descompone de manera inmediata con la presencia de moléculas de agua que catalizan su descomposición en agua y dióxido de carbono, siendo estas sustancias producto las otras que se buscan en el problema. Así entonces:
 - Agua: H_2O
 - Dióxido de carbono: CO_2

En este momento se podría reformular el problema, con la incorporación de los datos auxiliares encontrados. Este sería algo así como:

Al reaccionar 25g de $CaCO_3$ con 21,9g de HCl se obtiene $CaCl_2$, H_2O y CO_2 .

- a. ¿Cuál es la masa de $CaCl_2$?

b. ¿Cuál es la masa de H_2O y CO_2 ?

Así se puede extraer lo dado y lo buscado con mayor precisión para ayudar a establecer las relaciones numéricas, de tal forma quedaría como sigue:

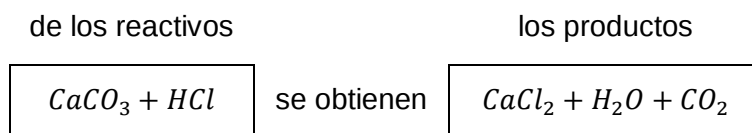
Dado:

- $m(CaCO_3) = 25g$
- $m(HCl) = 21,9g$

Buscado:

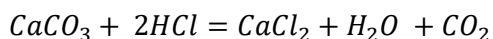
- $m(CaCl_2) = x$
- $m(H_2O) = y$
- $m(CO_2) = z$

Ya se podría estar en condiciones de aplicar la regla heurística general de *buscar relaciones entre los elementos dados y lo buscado*. De tal forma se puede escribir la ecuación de la reacción, para lo que se podría comenzar por la siguiente relación entre los reactivos y los productos:



Aplicando el principio heurístico de *analogía* se pueden utilizar semejanzas de contenido y forma con prototipos de ejercicios ya conocidos sobre el ajuste de la ecuación, así como la información cualitativa y cuantitativa que brinda la misma. Se puede resolver esta escritura de la ecuación utilizando los aspectos comunes a otras ya balanceadas con anterioridad, variando la vía de solución de acuerdo con las particularidades encontradas en esta. Así es posible emplear el método de tanteo inteligente, el algebraico, o algún otro para balancear la ecuación estequiométrica.

De tal manera, la ecuación es como sigue:



Acción 3: Analizar las posibles relaciones por utilizar

Posteriormente, la tercera acción le posibilitará la búsqueda de la idea de la solución, determinando las relaciones necesarias y esbozando los pasos del respectivo plan por seguir. Este ejemplo puede resolverse mediante el cálculo de las relaciones entre las masas, o mediante el cálculo del rendimiento molar o si lo hará al establecer una relación de combinación teórica y experimental.

En este caso se puede aplicar la estrategia heurística de *trabajo hacia adelante*. Así se podría pasar por una serie de pasos intermedios de manera que se obtenga la cadena de ideas que permite elaborar el plan de solución. Es extremadamente importante este análisis en lugar de comenzar a escribir fórmulas o ecuaciones y realizar cálculos como reflejo de la tendencia a la ejecución que reina tanto en estudiantes como docentes al enfrentar problemas con cálculos matemáticos. De tal forma, en este ejemplo se puede hacer como sigue:

Pasos del plan de solución

- 1 *Determinar la sustancia limitante en la reacción:* Es necesario comenzar por precisar cuál es el reactivo que determina, o limita, la cantidad de producto formado. Esto es resultado de la relación entre reactivo y producto, y se puede obtener en función de la ecuación balanceada. En este caso se hace el trabajo a partir del cálculo de la cantidad de sustancia en equivalente, y para ello se deben hacer los pasos intermedios 1.1, 1.2 y 1.3.

- 1.1 *Introducir magnitudes auxiliares:* Hay que utilizar esta regla heurística como paso intermedio que surge de la necesidad de estas magnitudes en el paso siguiente 1.2. Los estudiantes deben determinar si los datos son suficientes o no para resolver el problema. Así es preciso introducir los números de equivalencia y las masas molares de los compuestos que reaccionan. Para ello se podrán buscar los datos respectivamente en la ecuación ajustada y en una tabla de masas molares respectivamente. En caso de no tener a disposición esta última, también se podrían calcular las masas fórmulas relativas a partir de las masas atómicas relativas de los elementos que constituyen las sustancias, las que aparecen en la tabla periódica de los elementos químicos. Con esta información se estaría en condiciones de realizar los cálculos auxiliares.

- 1.2 *Calcular la cantidad de sustancia en equivalente de cada reactivo:* Se realizan los cálculos para luego compararlos entre sí.

$$n\left(\frac{\text{CaCO}_3}{z^*}\right) = \frac{m(\text{CaCO}_3) \cdot z^*}{M(\text{CaCO}_3)}$$

$$n\left(\frac{\text{HCl}}{z^*}\right) = \frac{m(\text{HCl}) \cdot z^*}{M(\text{HCl})}$$

- 1.3 *Identificar la sustancia limitante de la reacción:* La menor cantidad en 1.2 se referirá a la sustancia limitante.
 Si $n\left(\frac{\text{CaCO}_3}{z^*}\right) < n\left(\frac{\text{HCl}}{z^*}\right)$ entonces la sustancia limitante es CaCO_3

Si no, si $n\left(\frac{HCl}{z^*}\right) < n\left(\frac{CaCO_3}{z^*}\right)$ entonces la sustancia limitante es HCl

- 2 *Calcular la masa de $CaCl_2$* : Esto se puede hacer mediante una relación de combinación másica con la sustancia limitante:

Si la sustancia limitante fuera $CaCO_3$ entonces: $\frac{m(CaCl_2)}{m(CaCO_3)}$

Si no, si la sustancia limitante fuera HCl entonces: $\frac{m(CaCl_2)}{m(HCl)}$

- 3 *Calcular la masa de H_2O* : Esto también se puede hacer mediante una relación de combinación másica con la sustancia limitante. Aquí se puede aplicar el principio heurístico de *analogía* para mostrar la relación con el paso anterior.

Si la sustancia limitante fuera $CaCO_3$ entonces: $\frac{m(H_2O)}{m(CaCO_3)}$

Si no, si la sustancia limitante fuera HCl entonces: $\frac{m(H_2O)}{m(HCl)}$

- 4 *Calcular la masa de CO_2* : Esto también se puede hacer mediante una relación de combinación másica con la sustancia limitante. Aquí igualmente se puede aplicar el principio heurístico de *analogía*.

Si la sustancia limitante fuera $CaCO_3$ entonces: $\frac{m(CO_2)}{m(CaCO_3)}$

Si no, si la sustancia limitante fuera HCl entonces: $\frac{m(CO_2)}{m(HCl)}$

Asimismo, el principio heurístico de *generalización* es posible, a partir de establecer una relación de combinación másica entre el producto buscado y el reactivo limitante: $\frac{m(\text{producto buscado})}{m(\text{reactivo limitante})}$.

- 5 *Dar respuesta al problema*: Esto debe ser en función del problema original y no de las reformulaciones que fueron hechas para comprenderlo en un lenguaje más ventajoso.

Acción 4: Calcular las operaciones matemáticas planteadas

Procederá a realizar el cálculo siempre interpretando cada resultado que obtiene particularizando en el sentido químico de cada uno de los valores numéricos. Aquí se pueden aplicar las reglas heurísticas de *determinar el orden de las operaciones de cálculo*, así como de *realizar el cálculo aproximado o estimación* y de *analizar unidades de medida*.

Pasos del plan de solución

- 1 *Determinar la sustancia limitante en la reacción*: Es necesario realizar primero los pasos intermedios 1.1, 1.2 y 1.3
- 1.1 *Introducir magnitudes auxiliares*: Los números de equivalencia (z^*) se obtienen de los coeficientes estequiométricos en la ecuación ajustada. Entretanto las masas molares se introducen en función de los recursos con los que se tenga a disposición (tabla de masas molares o tabla periódica de los elementos químicos).

Vía 1

Vía 2

En tabla de masas molares:

- $M(\text{CaCO}_3) = 100\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$
- $M(\text{HCl}) = 36,5\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$

Calculando las masas fórmulas relativas:

$$Mr(\text{CaCO}_3) = Ar(\text{Ca}) + Ar(\text{C}) + 3Ar(\text{O})$$

$$Mr(\text{CaCO}_3) = 40 + 12 + 3 \cdot 16 = 100$$

$$\text{Por tanto: } M(\text{CaCO}_3) = 100\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

Aplicando el principio de analogía se obtiene:

$$M(\text{HCl}) = 36,5\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

1.2 Calcular la cantidad de sustancia en equivalente de cada reactivo:

$$n\left(\frac{\text{CaCO}_3}{z^*}\right) = \frac{m(\text{CaCO}_3) \cdot z^*}{M(\text{CaCO}_3)} = \frac{25\text{g} \cdot 2}{100\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0,5\text{mol}$$

$$n\left(\frac{\text{HCl}}{z^*}\right) = \frac{m(\text{HCl}) \cdot z^*}{M(\text{HCl})} = \frac{21,9\text{g} \cdot 1}{36,5\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0,6\text{mol}$$

1.3 Identificar la sustancia limitante de la reacción: Como $0,5\text{mol} < 0,6\text{mol}$ entonces la sustancia limitante en la reacción es CaCO_3 (carbonato de calcio)

2 Calcular la masa de CaCl_2 :

Como la sustancia limitante es CaCO_3 entonces es momento de aplicar la regla heurística de *recordar conocimientos del dominio químico dado* para establecer la siguiente relación: $\frac{m(\text{CaCl}_2)}{m(\text{CaCO}_3)} = \frac{n(\text{CaCl}_2) \cdot M(\text{CaCl}_2)}{n(\text{CaCO}_3) \cdot M(\text{CaCO}_3)}$

$$m(\text{CaCl}_2) = \frac{n(\text{CaCl}_2) \cdot M(\text{CaCl}_2)}{n(\text{CaCO}_3) \cdot M(\text{CaCO}_3)} \cdot m(\text{CaCO}_3) \quad \text{despeja la incógnita}$$

$$m(\text{CaCl}_2) = \frac{1\text{mol} \cdot 111\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}}{1\text{mol} \cdot 100\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}} \cdot 25\text{g} \quad \text{sustituye los valores}$$

$$m(\text{CaCl}_2) = 27,75\text{g} \quad \text{calcula y analiza unidades de medida}$$

3 Calcular la masa de H_2O :

Como la sustancia limitante es CaCO_3 entonces:

$$\frac{m(\text{H}_2\text{O})}{m(\text{CaCO}_3)} = \frac{n(\text{H}_2\text{O}) \cdot M(\text{H}_2\text{O})}{n(\text{CaCO}_3) \cdot M(\text{CaCO}_3)} \quad \text{principio heurístico de analogía.}$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = \frac{n(\text{H}_2\text{O}) \cdot M(\text{H}_2\text{O})}{n(\text{CaCO}_3) \cdot M(\text{CaCO}_3)} \cdot m(\text{CaCO}_3) \quad \text{despeja la incógnita}$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = \frac{1\text{mol} \cdot 18\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}}{1\text{mol} \cdot 100\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}} \cdot 25\text{g} \quad \text{sustituye los valores}$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 4,5\text{g} \quad \text{calcula}$$

4 Calcular la masa de CO_2 :

Como la sustancia limitante es CaCO_3 entonces:

$$\frac{m(\text{CO}_2)}{m(\text{CaCO}_3)} = \frac{n(\text{CO}_2) \cdot M(\text{CO}_2)}{n(\text{CaCO}_3) \cdot M(\text{CaCO}_3)} \quad \text{principio heurístico de generalización.}$$

$$m(\text{CO}_2) = \frac{n(\text{CO}_2) \cdot M(\text{CO}_2)}{n(\text{CaCO}_3) \cdot M(\text{CaCO}_3)} \cdot m(\text{CaCO}_3) \quad \text{despeja la incógnita}$$

$$m(\text{CO}_2) = \frac{1\text{mol} \cdot 44\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}}{1\text{mol} \cdot 100\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}} \cdot 25\text{g} \quad \text{sustituye los valores}$$

$$m(\text{CO}_2) = 11\text{g} \quad \text{calcula}$$

- 5 *Dar respuesta al problema:* Las masas de las sustancias productos de la reacción indicada son 27,75g, 4,5g y 11g de cloruro de calcio, agua y dióxido de carbono respectivamente.

Acción 5: Evaluar la solución y la vía

Por último, aquí se deben hacer consideraciones retrospectivas donde se retomen los procedimientos utilizados para el plan de solución. Se debe comprobar si los resultados son confiables, si satisfacen la pregunta planteada, si se corresponden con una lógica bien estructurada y si dan cumplimiento a la teoría química. En este caso el procedimiento propone volver sobre el problema para comprobar los resultados obtenidos para lo cual pueden realizar comprobaciones aplicando la ley de conservación de la masa. Además, es importante valorar la vía de solución utilizada con otros como forma de socialización de los conocimientos.

Pasos para la comprobación de la solución

- 1 *Enunciar teoría química que se quiere comprobar:* En toda reacción química se conserva la masa; esto es, la masa total de los reactivos es igual a la masa total de los productos.

$$\sum m(\text{reactivos}) = \sum m(\text{productos})$$

- 2 *Calcular la masa individual de los reactivos:* Es crucial destacar que la masa total que reacciona no será $25g + 21,9g = 46,9g$ como parecería a simple vista por el texto del problema. Ya se sabe la masa del reactivo limitante y se debe calcular la masa real de la otra sustancia que reacciona (reactivo en exceso). Esto se hace en 2.1, 2.2 y 2.3.

- 2.1 *Identificar el reactivo limitante y su masa:* $m(\text{CaCO}_3) = 25g$

- 2.2 *Calcular la masa real del reactivo en exceso:* Cuando el reactivo limitante se consume, la reacción se detiene y el otro reactivo solo se consume parcialmente. Esto se puede hacer mediante una relación de combinación másica aplicando el principio de analogía con el trabajo realizado en la resolución del problema.

Como la sustancia limitante es CaCO_3 entonces:

$$\frac{m(\text{HCl})}{m(\text{CaCO}_3)} = \frac{n(\text{HCl}) \cdot M(\text{HCl})}{n(\text{CaCO}_3) \cdot M(\text{CaCO}_3)}$$

$$m(\text{HCl}) = \frac{n(\text{HCl}) \cdot M(\text{HCl})}{n(\text{CaCO}_3) \cdot M(\text{CaCO}_3)} \cdot m(\text{CaCO}_3)$$

$$m(\text{HCl}) = \frac{2\text{mol} \cdot 36,5g \cdot \text{mol}^{-1}}{1\text{mol} \cdot 100g \cdot \text{mol}^{-1}} \cdot 25g$$

$$m(\text{HCl}) = \frac{73}{100} \cdot 25g = 18,25g$$

- 2.3 *Calcular la masa total que reacciona:*

$$\sum m(\text{reactivos}) = m(\text{CaCO}_3) + m(\text{HCl}) = 25g + 18,25g = 43,25g$$

- 3 Calcular la masa total de los productos:

$$\sum m(\text{productos}) = m(\text{CaCl}_2) + m(\text{H}_2\text{O}) + m(\text{CO}_2) = 27,75g + 4,5g + 11g = 43,25g$$

- 6 Comprobar la igualdad de la masa total de los reactivos y la masa total de los productos resultantes: Ambas masas totales son iguales a 43,25g. Luego se cumple la ley de conservación de la masa y la respuesta está correcta.

$$\sum m(\text{reactivos}) = \sum m(\text{productos}) = 43,25g$$

Se determinó la importancia de reflexionar sobre la existencia de otras vías de solución. Aquí fue primordial llamar la atención sobre las limitaciones de no determinar la sustancia limitante. Si un estudiante no lo hizo, y a priori consideró establecer una relación de combinación másica con CaCO_3 entonces este tuvo los mismos resultados. Sin embargo, no había interpretado correctamente el problema dado e incrementaba la posibilidad de errar si utilizaba la vía escogida en la resolución de problemas análogos.

Es conveniente señalar que la sustancia limitante se puede determinar por varias vías, por ejemplo a partir de calcular el rendimiento molar. Las masas que se buscaron también se podían encontrar por diferentes vías, especialmente la última a partir de la ley de conservación de las masas. Es ventajoso utilizar una vía única para el cálculo de las masas, incluso para la comprobación de la solución del problema, con la aplicación de los principios de analogía y generalización. Esto es así porque es esencial la racionalización del trabajo mental y práctico de los estudiantes.

Con el ejemplo desarrollado en este apartado se pudo apreciar que el procedimiento didáctico presentado en este trabajo se distingue del utilizado tradicionalmente al ser:

- Una contextualización del desarrollo de la habilidad interpretar al contenido químico y de manera especial a un contenido con un alto nivel de esencialidad como son los problemas químicos con cálculo matemático.
- Se diferencia en su estructura del procedimiento convencional que se ha utilizado por los docentes tanto en el nivel medio, como en la formación inicial del docente, basado en procedimientos algorítmicos: realizar la lectura del ejercicio, extraer los datos y la incógnita, plantear las relaciones, operar y resolver.
- Constituye un modelo a emplear en la enseñanza de este contenido al estar diseñado para docentes en formación inicial.
- Favorece el empleo de métodos como el trabajo independiente.

- Permite que se establezca una estrecha relación entre el contenido matemático y la teoría química estudiada, lo que permite la sistematización y consolidación del contenido.
- Al aplicar el procedimiento en la práctica como está diseñado favorece la relación entre elementos cualitativos y cuantitativos de la enseñanza a partir del empleo de procedimientos heurísticos, así como lo interno y lo externo de los procesos y fenómenos químicos.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La muestra seleccionada estuvo compuesta por los 16 estudiantes de la carrera Licenciatura en Educación con especialidad en Biología-Química de la Universidad de Las Tunas. Aunque pudiera parecer un tamaño pequeño de muestra, y que se hubiera podido usar un número mayor de estudiantes, estos fueron los seleccionados porque representaban la matrícula total de estudiantes de esa carrera en la universidad. De ellos nueve eran hembras y siete varones, 15 provenían de la Educación Preuniversitaria y uno de una Escuela de Iniciación Deportiva (EIDE). El promedio de notas en el examen de ingreso a la Educación Superior en Matemática, una asignatura básica para interpretar problemas con cálculos, fue de un adecuado 89%. Otro dato interesante es que 10 de los estudiantes optaron por la carrera en su primera opción, tres en la segunda y tres en la cuarta, lo que dio la medida del adecuado nivel de motivación que estos tenían por la especialidad.

Para evaluar la efectividad de la propuesta se seleccionó la disciplina Química General, pues sirve de base a otras disciplinas de la especialidad. Al mismo tiempo, esta constituye la base conceptual que subyace a los contenidos de la educación media básica, media superior y la universitaria. Igualmente, esta favorece el desarrollo y consolidación de habilidades, hábitos, capacidades, cualidades, convicciones y actitudes en la resolución de problemas con un nivel de dificultad y complejidad igual o superior a los que se enfrentaron en los niveles de enseñanza precedentes.

Se estableció como variable el desarrollo de la habilidad interpretar los problemas químicos con cálculo. A partir de esta, se delimitaron como indicadores:

- Grado con el que determina objetos y objetivos que contiene el problema químico con cálculo.

- Grado con el que percibe objetos y fenómenos relacionados con el contenido químico.
- Grado con el que representa la información sobre el objeto de resolución de forma mental y /o gráfica.
- Grado con el que determina criterios para el análisis del contenido del problema químico con cálculo, descompone en elementos y establece rasgos esenciales, lo que posibilita extraer del texto la incógnita y los datos que le proporciona el problema.
- Grado con el que descompone en elementos, rasgos, aspectos, la información, establece semejanzas y diferencias acerca del objetivo a resolver y determina las relaciones necesarias.
- Grado con el que establece generalizaciones según el objetivo del problema químico con cálculo.
- Grado con el que explica, según el objetivo, los procedimientos estructurados en correspondencia con el objetivo de la explicación según la teoría química.

Las categorías para evaluar la variable fueron alto, medio y bajo. Esto se hizo a partir de un procedimiento que se explica en M. Parra (2015), donde igualmente se puede encontrar un análisis en detalles de los resultados del experimento pedagógico formativo implementado. De manera general se evaluó inicialmente la variable de bajo, a partir de los resultados obtenidos en la prueba pedagógica, el análisis del programa, la observación del desempeño de los estudiantes y la entrevista a profesores. Esto indicó un bajo desarrollo de la habilidad interpretar problemas químicos con cálculo, fundamentalmente por la insuficiente sistematicidad con que se desarrollan las acciones y operaciones para su desarrollo. No obstante, se reconocieron como aspectos favorables que la mayoría de los estudiantes estuvieron dispuestos a ampliar sus conocimientos sobre las acciones y operaciones de la habilidad.

Al respecto, se determinó como causa empírica del problema que los estudiantes se basan fundamentalmente en procedimientos algorítmicos para interpretar problemas químicos con cálculo. De tal forma, como regularidad estos no son conscientes de las ventajas que ofrece el empleo de los procedimientos heurísticos y no están capacitados para aplicar independientemente reglas, estrategias y principios heurísticos.

Como consecuencia, las acciones del procedimiento didáctico propuesto fueron llevadas a la práctica mediante un experimento pedagógico formativo con la finalidad de comprobar

su efectividad. Así, se aplicaron varios instrumentos (M. Parra, 2015) que permitieron tener un punto de referencia inicial del nuevo proceder. Igualmente, como parte de la orientación y preparación para las clases prácticas se procedió a presentar y ejemplificar el procedimiento concebido. Al mismo tiempo, un control permanente permitió hacer valoraciones críticas vivenciales de los resultados que se fueron obteniendo, lo que favoreció el proceso de regulación en la investigación.

Por ejemplo, al resolver problemas relacionados con las leyes de las combinaciones químicas, se hizo uso de las operaciones matemáticas en estrecha relación con lo planteado en el contenido de las leyes estudiadas. Tal situación facilitó la resolución de los mismos desde diferentes vías de solución, aspecto que fue debatido entre los estudiantes y los llevó a elaborar sus propias tablas de datos y fórmulas auxiliares. Así, al identificar la sustancia limitante, el cálculo de la masa de la sustancia en exceso, lo hacían por diferentes vías. Esto contribuyó al desarrollo de la habilidad, así como al intercambio oportuno y sistemático del profesor.

De manera sistemática se continuó aplicando el procedimiento en los temas relacionados con Sistemas dispersos y Equilibrio químico, donde también se evidenció que los estudiantes hacían uso sistemático del mismo. De tal forma se pudo constatar que el procedimiento didáctico propuesto es aplicable a los diferentes tipos de problemas químicos con cálculo, a partir de la realización de una ejercitación variada basada en la selección y organización de ejercicios por niveles de desempeño cognitivo y ejercicios integradores.

En correspondencia con los resultados obtenidos (M. Parra, 2015), utilizando los mismos indicadores y la misma escala, la variable desarrollo de la habilidad interpretar los problemas químicos con cálculo se evaluó de alto. Los resultados obtenidos indicaron un adecuado incremento respecto al dominio del procedimiento didáctico propuesto. Al comparar los resultados iniciales y finales, para el desarrollo de dicha habilidad, se aprecia una transformación positiva en el dominio de los procedimientos.

En los siete indicadores analizados se percibe un avance, tanto cuantitativo como cualitativo. Seis indicadores evaluados de bajo pasan a alto, a la vez que un indicador evaluado de bajo en la caracterización inicial pasa a medio en la validación. Sin embargo, los principales resultados estuvieron centrados en aspectos humanos del cambio. Con la implementación del procedimiento se elevaron, indiscutiblemente, tanto la motivación de los estudiantes como su activo protagonismo e independencia cognoscitiva. Esto se tradujo

en un proceso de enseñanza-aprendizaje que potenció, además de conocimientos y habilidades, actitudes de confianza, empeño, seguridad, interés y autoestima.

4. CONCLUSIONES

El procedimiento didáctico le permitió a los profesores controlar el trabajo realizado, identificar los errores y potencialidades, sus causas y cómo lograr optimizarlos en el proceso didáctico. Al mismo tiempo, este brindó la posibilidad de estimular la participación activa, consciente y creadora de los estudiantes, así como el intercambio estudiante-estudiante logrando la unidad entre lo cognitivo y lo afectivo-valorativo. Igualmente, proporcionó oportunidades para fomentar la independencia cognoscitiva y la formación de valores, actitudes y formas de conductas acorde con su formación general integral.

El procedimiento didáctico se basó en la simplificación didáctica para que el aprendizaje se produzca de lo sencillo a lo complejo, de lo conocido a lo desconocido, de lo fácil a lo difícil, de lo concreto a lo abstracto. Esto se hizo partiendo del diagnóstico sistemático, la asequibilidad de la enseñanza, el aprendizaje activo y el trabajo cooperativo y creador. Se cumplió así con el principio de la unidad de lo instructivo, lo educativo y lo desarrollador.

La validación del procedimiento didáctico, mediante el análisis de los resultados de los diferentes instrumentos que midieron los mismos indicadores utilizados en la caracterización, evidenció que este favorece el desarrollo de la habilidad interpretar los problemas químicos con cálculo matemático y eleva la eficiencia del proceso de enseñanza-aprendizaje de la disciplina química general. Al respecto, los estudiantes se involucraron en un proceso de regulación activa, individual y colectiva, estimulando el pensamiento lógico, el pensamiento teórico y la independencia cognoscitiva.

5. REFERENCIAS

- Álvarez, C. (1999). *La escuela en la vida*. La Habana, Cuba: Editorial Félix Varela.
- Álvarez, R. M. (1997). *Hacia un currículo integral y contextualizado*. La Habana, Cuba: Editorial Academia.
- Ballester, S. y otros (1992). *Metodología de la enseñanza de la Matemática*. La Habana, Cuba: Editorial Pueblo y Educación.
- Ballesteros, J. G. (2010). Aplicación de la estrategia de resolución de problemas en la enseñanza de Física, Química y Matemáticas en la USTA. En *Revista Hallazgos*. 7(14), 129-148.

- Borrero, R. Y. y Gamboa, M. E. (2015). La formación laboral investigativa de los profesionales de la Educación en las carreras de ciencias naturales y exactas. *Revista Órbita Pedagógica*. 2(1), 23-40.
- Brito H. (1984). *Psicología para los Institutos Superiores Pedagógicos*. La Habana, Cuba: Editorial Pueblo y Educación.
- Campistrous, L. y Rizo, C. (1996). *Aprender a resolver problemas aritméticos*. Ciudad de la Habana, Cuba: Editorial Pueblo y Educación.
- Carmenates, O. A., Rodríguez, M. y Gamboa, M. E. (2014). Recursos didácticos para favorecer la resolución de problemas matemáticos. En *Didácticas de las Ciencias. Nuevas perspectivas (Quinta parte)*. 11-38. La Habana, Cuba: Educación cubana.
- Castillo, Y. y Gamboa, M. E. (2016). Relaciones interdisciplinarias de las ciencias a partir de la Matemática en la Educación Preuniversitaria. En *Revista Didasc@lia: Didáctica y Educación*. 7(5), 131-154.
- Coll, C. (1987). *Psicología y Currículum*. Barcelona, España: Editorial Laia.
- De Guzmán, M. (2007). Y la matemática. *Revista Iberoamericana de Educación*. (43), 19-58.
- Ferrer, M. (2000). La resolución de problemas en la estructuración de un sistema de habilidades matemáticas en la escuela media cubana. Tesis en opción al título de Doctor en Ciencias. Santiago de Cuba, Cuba.
- González F. (1998). *Personalidad, su educación y desarrollo*. La Habana, Cuba: Editorial Pueblo y Educación.
- González, V. y otros. (1996). *Psicología para Educadores*. La Habana, Cuba: Editorial Pueblo y Educación.
- Jungk, W. (1986). *Conferencias sobre Metodología de la Enseñanza de las Matemáticas*. 3T. La Habana, Cuba: Editorial Pueblo y Educación.
- Labarrere, A. (1988). *Cómo Enseñar a los alumnos de primaria a resolver problemas*. La Habana, Cuba: Editorial Pueblo y Educación.
- Leontiev A. N. (1981). *Actividad, Conciencia y Personalidad*. La Habana, Cuba: Editorial Pueblo y Educación.
- Mestre, U. (2002). La formación de habilidades en estudiantes de Ingeniería a través de la resolución de problemas de Física. En *Revista Pedagogía Universitaria*. 7(1). 67-78.
- Palacio, J. (2003). *Colección de problemas matemáticos para la vida*. La Habana, Cuba: Editorial Pueblo y Educación.
- Parra, M. (2015). Procedimiento didáctico para desarrollar la habilidad interpretar problemas químicos con cálculo, desde la disciplina Química General. Tesis en opción al título académico de Máster en Educación. Universidad de Las Tunas, Cuba.
- Petrovski, A. V. (1978). *Psicología pedagógica y de las Edades*. La Habana, Cuba: Editorial Pueblo y Educación.
- Polya, G. (1984). *Cómo plantear y resolver problemas*. México: Trillas.
- Rodríguez, M. y Bermúdez, R. (1996). *La Personalidad del adolescente*. La Habana, Cuba: Editorial Pueblo y Educación.

- Rojas, C., García, L., y Álvarez, A. (1990). Metodología de la enseñanza de la Química. Ciudad de la Habana, Cuba: Editorial Pueblo y Educación.
- Sabonete, J. L., Gamboa, M. E. y Mestre, U. (2016). Propuesta didáctica para el diseño de problemas matemáticos en escuelas angoleñas de segundo ciclo. En Revista Didasc@lia: Didáctica y Educación. 7(5), 155-164.
- Schoenfeld, A. (1985). Mathematical Problem Solving. New York, USA: Academic Press.
- Silvestre, M. y Zilberstein, J. (2002). Hacia una didáctica desarrolladora. La Habana, Cuba: Editorial Pueblo y Educación.
- Talízina N. F. (1987). Procedimientos iniciales del pensamiento lógico. Moscú, URSS: Editorial Progreso.



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 áreas Afines.

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

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

ENVIO DE LOS MANUSCRITOS

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



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

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

Artículos aceptados por la revista Bases de la Ciencia

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

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

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

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



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

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

ESTRUCTURA DE LOS ARTÍCULOS

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

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

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



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