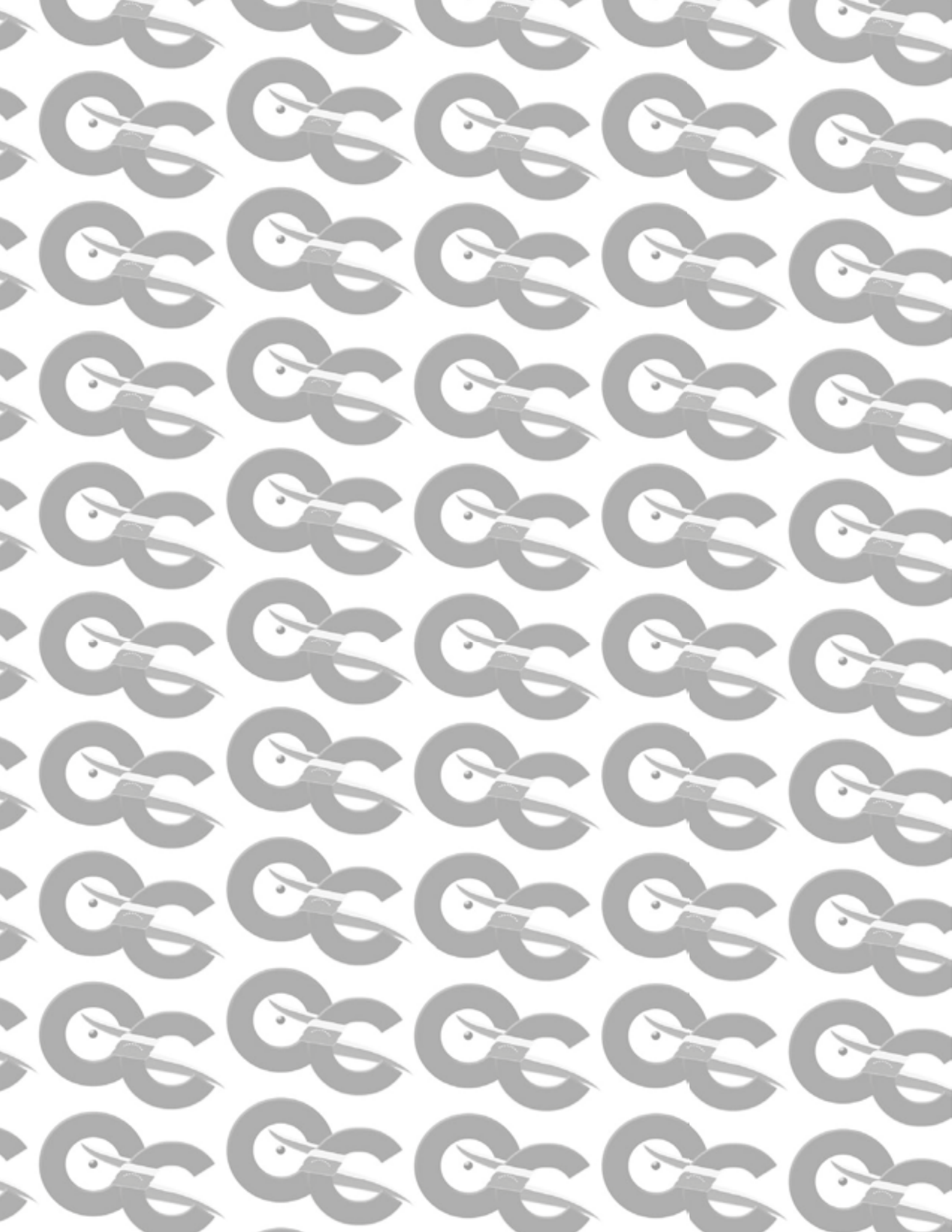


Observador del Conocimiento

<http://www.oncti.gob.ve/>

Revista Científica







Observador del Conocimiento

Vol. 2 N° 6 junio 2014

Publicación especializada en gestión social del conocimiento



MINISTERIO DEL PODER POPULAR PARA CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN

Ministro

Manuel Ángel Fernández

Viceministro de Formación para la Ciencia y el Trabajo

Alberto José Quintero

Viceministro para el Fortalecimiento de la Ciencia y la Tecnología

Francisco Antonio Durán

Viceministro para las Telecomunicaciones, Tecnologías de Información y Servicios Postales

Carlos Figueira

CRÉDITOS DE LA REVISTA

Editor Jefe

Anwar Hasmy

Director

Nelson Díaz

Consejo Editor

Marleny Suárez

Janett Ugarte

Felgris Araca

Roberto Hidalgo

Corrección

Alessio Chinellato

Sonia Rodríguez

Fernando Lozano

Concepto Gráfico y Diagramación

Riednollys García

Diseño de Cubierta

Riednollys García

Imagen de Cubierta

Marleny Suárez

Imagen de Contracubierta

Riednollys García

Janett Ugarte

Colaboradores de este número

Keilin Rondón

Neyla Mendoza

Carlos Hernández

Luis Enrique González

© 2014. Observatorio Nacional de Ciencia Tecnología e Innovación
Ministerio del Poder Popular de Ciencia y Tecnología. Caracas, Venezuela

Impreso

Depósito Legal: pp201302DC4376

ISSN: 2343-5984

Electrónico

Depósito Legal: pp20142DC4456

ISSN: 2343-6212

Vol. 2 N° 6 junio 2014

Espacio abierto para los Saberes en Ciencia, Tecnología e Innovación

La revista Observador del Conocimiento (OC) es una publicación electrónica de carácter científico, indexada en LATINDEX, con una periodicidad cuatrimestral. Es editada por el Observatorio Nacional de Ciencia y Tecnología, perteneciente al Ministerio Popular de Ciencia y Tecnología.

Está destinada a la divulgación de la producción científica tecnológica a través de los resultados originales de investigaciones que muestran los estudios sobre vigilancia tecnológica, medición sobre los factores de impacto, que representen una contribución para la visualización de la ciencia y la tecnología. Incluye además, trabajos de investigación aplicada, desarrollo tecnológico, revisiones bibliográficas de alto impacto y, eventualmente, estudios de casos que por su relevancia

ameriten publicarse, estimulando de esta manera la divulgación escrita de la producción intelectual con lo que se contribuye a la divulgación y socialización de investigaciones de interés para el desarrollo de políticas institucionales de Ciencia, Tecnología, Innovación y sus aplicaciones que respondan a la solución de problemas concretos de la sociedad.

Objetivo General

Divulgar artículos de investigación orientados a la gestión social del conocimiento, según estándares nacionales e internacionales de calidad editorial, respondiendo a los criterios de inclusión y reconocimiento nacional e internacional en bases de datos de indexación, cumpliendo con el tratado de Acceso Abierto a la Información.

<http://www.oncti.gob.ve/FDE-REVISTA.html>



Sistema Regional de Información en Línea
para Revistas Científicas de América Latina, el
Caribe, España y Portugal

[https://www.latindex.org/latindex/
ficha?folio=28281](https://www.latindex.org/latindex/ficha?folio=28281)



Repositorio Multidisciplinar de la Unión
Europea para la Ciencia Abierta

[https://zenodo.org/communities/
oc20/?page=1&size=20](https://zenodo.org/communities/oc20/?page=1&size=20)



Open Journal Systems es un software libre
para la administración de revistas creado
por el Public Knowledge Project

http://www.oncti.gob.ve/ojs/index.php/rev_ODC

Todas las opiniones vertidas en los trabajos aquí publicados son de exclusiva responsabilidad de los autores; no necesariamente reflejan ni comprometen las opiniones del Comité Editorial de la revista o, por extensión, del Observatorio Nacional de Ciencia y Tecnología e Innovación.

Contenido

	Artículos de investigación
Pág 10	Ciclo del carbono en el suelo de la planicie de inundación del río Mapire, estado Anzoátegui <i>Carbon cycle in the soil of the flood plain of the river Mapire, Anzoátegui State</i> Zamora Alejandra; Malaver Nora; Moncada Nelson
Pág 19	Producción de azúcares fermentables por hidrólisis ácida diluida del bagazo de caña de azúcar <i>Production of fermentable sugars by dilute acid hydrolysis of sugar cane bagasse</i> Abreu Manuel; La Rosa Oswaldo; Chandler Cintia; Aiello Caterina; Marmol Zulay; Villalobos Nercy; Rincon Marisela; Arenas Elsy
Pág 29	Hidroquímica y geotermometría de las aguas termales del Municipio Benítez del estado Sucre, Venezuela <i>Hydrochemistry and geothermometry of the thermal waters of the Benítez Municipality of Sucre state, Venezuela</i> Benítez Jose; Vallejo Anibal; Lopez Mariceli; Mostue Maj
Pág 39	Estudio químico preliminar de los polisacáridos del alga <i>Gracilaria lemaneiformis</i> (Rhodophyta) <i>Preliminary chemical study of the polysaccharides of the alga Gracilaria lemaneiformis (Rhodophyta)</i> Canelon Dilsia; Compagnone Reinaldo; Ciancia Marina; Matulewicz María
Pág 45	Sensibilidad de la leña oscura a la presencia de fenoles e hidrocarburos livianos <i>Sensitivity of the dark wood to the presence of phenols and light hydrocarbons</i> Cardenas Carmen; Ochoa Danny; Labrador Mirian; Yabroudi Suher; Araujo Ismenia; Angulo Nancy; Flores Paola
Pág 55	Determinación espectrofotométrica de los niveles de Ca, Mg, K y Na en leche pasteurizada de cabra, consumida en la ciudad de Maracaibo <i>Spectrophotometric determination of the levels of Ca, Mg, K and Na in pasteurized goat milk, consumed in the city of Maracaibo</i> Controsceri Giovanni; Amaya Román; Angulo Andrea; Oberto Humberto; Villasmil Jesus; Campos Jesus; Fernández Denny R; Granadillo Victor
Pág 61	Verificación de la especie <i>Vanilla planifolia</i> en el parque universitario, Terepaima, Estado Lara y en la Vigía, Cerro Tomasote, Estado Bolívar <i>Verification of the Vanilla planifolia species in the university park, Terepaima, Lara State and in the Vigía, Cerro Tomasote, Bolívar State</i> Díaz Florangel; Bastardo Luisana; Marco Lue; Sorondo Leonel; Ascanio Ronnys; Luis Marco

- Pág 71** Evaluación y comparación de la sensibilidad de los cebadores que amplifican los genes *msh2* y *msh5* de *Anaplasma marginale* para el diagnóstico de la anaplasmosis bovina
Evaluation and comparison of the sensitivity of the primers that amplify the msh2 and msh5 genes of Anaplasma marginale for the diagnosis of bovine anaplasmosis
Eleizalde Mariana; Mendoza Marta; Gómez-Pineros Ely; Reyna-Bello Armando
- Pág 81** Salinidad del agua en el epilimnión del Lago de Maracaibo
Salinity of water in the epilimnion of Lake Maracaibo
Troncone Federico, Rivas Zulay, Ochoa Enrique, Márquez Rómulo, Sánchez José, Castejón Olga
- Pág 90** Línea de tiempo de parámetros físico- químicos del agua del río turbio para la gestión mediante el modelo *arcal-rla* 010
Timeline of physical-chemical parameters of the turbid river water for management using the arcal-rla 010 model
Glexi Adan; Lue M. Marco Parra; Magdiel Guede; Andreina Colmenarez; Asuaje Juana; Gosmyr G. Torres; Ynggrid Segura; Jesús Rojas; Ronaldo Durán
- Pág 99** Hidrogenación de *D*-glucosa catalizada por complejos de rutenio conteniendo ligandos triarilfosfinas en medio homogéneo y bifásico-acuoso
Hydrogenation of D-glucose catalysed by ruthenium complexes containing triarylphosphine ligands in homogeneous and biphasic-aqueous medium
Hernández Octavio; Rosales Merlin; Ferrer Alexis
- Pág 111** Incorporación del quinchoncho (*Cajanus cajan* (L) millsp) en raciones alimenticias para pollos de engorde
Incorporation of pigeon pea (Cajanus cajan (L) millsp) in food rations for broilers
Labrador José; Andara Jesús; López Yulix
- Pág 119** Diseño de celda redox de vanadio y sistema con flujo de electrolito
Vanadium redox cell design and system with electrolyte flow
Márquez Keyla; Márquez Olga; Márquez Jairo
- Pág 128** Significados institucionales y personales de los objetos matemáticos puestos en juego en el proceso de enseñanza y aprendizaje de la matemática
Institutional and personal meanings of mathematical objects put into play in the teaching process and learning mathematics
Martínez Angélica; Arrieché Mario
- Pág 136** Análisis de sensibilidad ambiental, aplicado al caso de la contaminación por hidrocarburos en el acuífero del Tocuyo
Analysis of environmental sensitivity, applied to the case of pollution by hydrocarbons in the Tocuyo aquifer
Monsalve María; Jegat Herve; Mora Luis

Pág 142	Efecto del pre-tratamiento del lactosuero previo a la aplicación de la ultrafiltración tan gencial con fines agroindustriales <i>Effect of the pre-treatment of the whey prior to the application of ultrafiltration so gencial for agroindustrial purposes</i> Mujica Dicson; Sangronis Elba
Pág 150	Calidad de agua del rio la grita y sus afluentes <i>Water quality of the river la grita and its tributaries</i> Rivas Zulay; Sánchez José; Castejón Olga; Ochoa Enrique; Troncone Federico
Pág 163	Formación transcompleja del docente de matemática: consonancias con la triada matemática-cotidianidad- y pedagogía integral <i>Transcomplex formation of the teacher of mathematics: consonances with the mathematical triad- everydayness- and integral pedagogy</i> Rodríguez Milagros
Pág 172	Evaluación hidroquímica preliminar de un sistema acuífero de un sector costero del estado Miranda - avance <i>Preliminary hydrochemical evaluation of an aquifer system of a coastal sector of the Miranda State</i> Silva Soraya; Jegat Herve; Díaz Ricardina; Prado Lenis; De Carli Fernando; Barros Haydn; Suarez Paula; Sivira Daniel; Ojeda Jackson
Pág 180	Normas de Publicación
Pág 184	Normas para Árbitros
Pág 187	Histórico

The background of the page is a repeating pattern of a stylized bird logo. The logo is a grey silhouette of a bird, possibly a stork or a similar large bird, facing right. It has a long, straight beak and a small circular eye. The bird is positioned within a larger, rounded, cloud-like shape. This entire unit is repeated across the page in a grid-like fashion, creating a textured background.

Artículos de investigación

Ciclo del carbono en el suelo de la planicie de inundación del río mapire, estado Anzoátegui

Zamora Alejandra

Laboratorio de Microbiología Ambiental
Instituto de Zoología y Ecología Tropical Facultad de Ciencias
Universidad Central de Venezuela
alejandra.zamora@gmail.com
Venezuela

Malaver Nora

Laboratorio de Microbiología Ambiental
Instituto de Zoología y Ecología Tropical Facultad de Ciencias
Universidad Central de Venezuela
alejandra.zamora@gmail.com
Venezuela

Moncada Nelson

Laboratorio de Microbiología Ambiental
Instituto de Zoología y Ecología Tropical Facultad de Ciencias
Universidad Central de Venezuela
alejandra.zamora@gmail.com
Venezuela

Fecha de recepción: 10-01-2014 Fecha de aceptación: 22-03-2014

Resumen

Durante la época lluviosa, la desembocadura del Río Mapire se transforma en un sistema complejo, una planicie de inundación debido al aumento del nivel de agua en este río, debido al represamiento causado por el Río Orinoco. En esa región, se presentan zonas con intensidad de inundación variable, y diferencias espaciales en la textura del suelo y contenido de humedad como consecuencia del gradiente topográfico en sentido perpendicular al cauce del río. Las muestras se colectaron en tres épocas del año (sequía, inicio de

lluvias e inundación) siguiendo un muestreo sistemático en 4 puntos del gradiente, definidos por la intensidad de la inundación: zona máxima inundación (MAX); zona de inundación media (MED); zona de mínima inundación (MIN) y zona nunca inundada (NF). Se determinaron parámetros fisicoquímicos asociados al ciclo del carbono (carbono total, soluble y fracción ligera) y se asociaron con el perfil fisiológico de la comunidad microbiana a través de correlaciones lineales y análisis de componentes principales (CP). Los resultados indican que el ciclo del carbono está regulado por factores que afectan

la actividad microbiana, estableciéndose en la comunidad procesos sucesionales como respuesta a la disponibilidad de sustratos para la mineralización. El metabolismo anaeróbico en el suelo es relevante en la descomposición de materia orgánica a lo largo del hidropériodo y podría estar influenciado por la disponibilidad de carbono lábil.

Palabras clave: Planicie de inundación; Río Mapire; gradiente topográfico; ciclos biogeoquímicos; actividad microbiana

Carbon cycle in the soil of the flood planire of rio mapire, Anzoátegui state

Abstract

During the rainy season, the mouth of the Mapire River is transformed into a complex system, a floodplain due to the increase of the water level in this river, due to the damming caused by the Orinoco River. In this region, there are areas with variable flood intensity, and spatial differences in soil texture and moisture content as a consequence of the topographic gradient perpendicular to the riverbed. The samples were collected at three times of the year (drought,

onset of rain and flood) following a systematic sampling at 4 gradient points, defined by the intensity of the flood: maximum flood zone (MAX); medium flood zone (MED); minimum flood zone (MIN) and never flooded zone (NF). Physicochemical parameters associated with the carbon cycle (total carbon, soluble carbon and light fraction) were determined and associated with the physiological profile of the microbial community through linear correlations and principal component analysis (PC). The results indicate

that the carbon cycle is regulated by factors that affect microbial activity, establishing successional processes in the community in response to the availability of substrates for mineralization. Anaerobic metabolism in soil is relevant in the decomposition of organic matter throughout the hydroperiod and could be influenced by the availability of labile carbon.

Keyword: Flood plain; Mapire river; topographic gradient; biogeochemical cycles; microbial activity

Introducción

La descomposición de la materia orgánica en el suelo es el proceso principal que da inicio a los ciclos biogeoquímicos. La materia orgánica constituye la fracción del suelo que incluye tanto organismos vivos (biomasa microbiana) como residuos muertos de animales y vegetales en diferentes estados de descomposición y sustancias sintetizadas microbiológicamente y/o químicamente. En tal sentido, es muy compleja y está constituida por un amplio rango de compuestos químicos carbonados, tales como: carbohidratos, fenoles, monómeros y dímeros de lignina, alcanos y alquenos, ácidos grasos saturados e insaturados, n-alquil mono, di y tri ésteres, n-alquil bencenos, metil naftalenos, metil fenantrenos y compuestos diversos de nitrógeno como aminoácidos, péptidos, proteínas, aminoazúcares, amidas, aminas, ácidos nucleicos, entre otros (Carballas, 2004).

En la materia orgánica pueden identificarse dos compartimientos que de acuerdo con su composición, presentan dinámicas muy particulares. Dichos compartimientos han sido identificarlos como fracción activa (biomasa microbiana), fracción lenta (fracción ligera) y fracción pasiva (materia orgánica humificada), [Sollins et al., (1984)]. A través de la mineralización de las fracciones ac-

tiva y lenta de la materia orgánica se reciclan los nutrientes tales como nitrógeno, fósforo, azufre y dióxido de carbono esenciales para las plantas y los microorganismos; destacando la importancia del proceso de descomposición realizado por la microbiota del suelo, como un proceso clave en el funcionamiento del ecosistema. En este sentido, esta investigación tiene como objetivo identificar el papel que juegan los microorganismos bacterianos y fúngicos heterotróficos aislados de la planicie de inundación del río Mapire en la descomposición de la materia orgánica, como proceso fundamental del ciclo del carbono en el suelo.

Materiales y Métodos

Área de estudio

El área de estudio se encuentra ubicada al sur del estado Anzoátegui, en la planicie de inundación del río Mapire, en la parte baja del río, cerca de su desembocadura en el Orinoco (7° 44' N y 64° 45' W). De acuerdo con el climadiagrama de la región, la temperatura media anual es 27,4 °C y la precipitación promedio anual es de 1333 mm, con una estación seca entre Noviembre y Abril y la estación lluviosa desde Mayo hasta Octubre (Vegas-Vilarrúbia y Herrera, 1993). La planicie de inundación del río Mapire constituye un valle coluvio-aluvial que ocupa una porción de

la Formación Mesa, del Pleistoceno (Carbón y Schubert, 1994).

Durante la época lluviosa ocurre la formación de un lago de inundación estacional como consecuencia de un fenómeno de represamiento de las aguas por el río Orinoco, donde se puede delimitar un gradiente de inundación que depende de la topografía del área. La vegetación predominantemente boscosa, responde al gradiente longitudinal y perpendicular de profundidad y duración de la inundación [Chacón et al., (2008)].

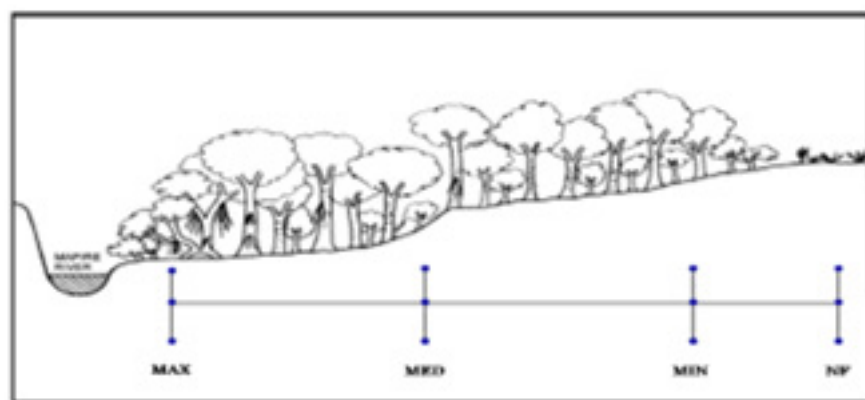
Diseño del muestreo

Las muestras se colectaron siguiendo un muestreo sistemático en 4 puntos del gradiente, definidos por la intensidad de la inundación. Los puntos muestreados se corresponden con zonas delimitadas previamente por Chacón et al., (2008), quienes establecieron las siguientes áreas: a) MAX, zona topográficamente más baja donde la profundidad de la lámina de agua es de 12 m durante 8 meses; b) MED, zona intermedia donde la inundación alcanza un máximo de 5 m de profundidad por 5 meses; c) MIN, zona en la cual la lámina de agua alcanza 1 m de profundidad durante 2 meses y se incluye la zona NF, más elevada donde no ocurre inundación en ninguna época del año (Figura 1).

Figura 1. Representación de las zonas de estudio indicando diferencias topográficas. MAX: zona más cercana al margen del río, permanece inundada 8 meses, con 12 metros de profundidad. MED: zona media, permanece inundada por 5 meses con una profundidad de aproximadamente 5 metros. MIN: zona topográficamente más elevada, permanece inundada por 1 ó 2 meses con una profundidad de 1 metro. NF. Sabana no inundable.



Figura 2. Diseño de la toma de muestras en las diferentes zonas del gradiente de inundación del río Mapire. MAX, zona máxima inundación; MED, zona de inundación media; MIN, zona de mínima inundación, NF, zona nunca inundada.



Los puntos de muestreo se arreglaron en un transepto siguiendo el gradiente de la inundación (Figura 2). En cada punto se tomaron muestras por triplicado en los primeros 10 centímetros del perfil del suelo para el análisis de variables fisicoquímicas y microbiológicas, en un hidróperodo completo que abarca: sequía (T1, marzo), inicio de lluvias (T2, mayo) y época lluviosa (T3, agosto).

Análisis fisicoquímicos

Las muestras fueron secadas a temperatura ambiente, tamizadas (mesh 10) y homogeneizadas a fin de tomar una fracción representativa para los diferentes análisis. El carbono total (Ct) y el carbono soluble (Cs) se determinaron por el método de oxidación húmeda (Walkley y Black, 1934). La fracción ligera de la materia orgánica se determinó mediante separación física utilizando agua como medio de separación (Anderson e Ingram, 1993).

Análisis microbiológicos

Densidad de bacterias metanogénicas

Se determinó mediante la técnica de NMP utilizando un medio de cultivo base para anaerobios propuesto por Ravott et al., (1995). Este medio base se colocó en tubos de ensayo a razón de 9 ml por tubo; y se suplementó con acetato de sodio al 15% colocando tubos Durham invertidos y una capa de 3 mm de parafina estéril para generar condiciones de anaerobiosis. Los tubos de ensayo

se incubaron a temperatura ambiente durante 60 días. La formación de gas en los tubos Durham indica formación de metano a partir del acetato.

Perfil fisiológico

Aleatoriamente se aislaron de cada réplica 10 cepas de bacterias aeróbicas, 10 cepas de bacterias anaeróbicas (para un total de 30 cepas de bacterias aeróbicas y 30 cepas de bacterias anaeróbicas por cada zona del gradiente) y los diferentes morfotipos de hongos (filamentosos y levaduriformes). El perfil fisiológico de cada cepa aislada fue caracterizado a través de la realización de una serie de pruebas bioquímicas, las cuales se indican a continuación:

• Utilización de carbohidratos

Para determinar utilización de glucosa, lactosa o peptonas (por vía oxidativa y fermentativa) se utilizó Agar Kliger para bacterias y medio enriquecido para hongos (MacFaddin, 2004).

• Utilización de polisacáridos

Para determinar la capacidad de utilizar celulosas y hemicelulosas de utilizó Agar Celulosa (Parkinson et al., 1971), Agar Almidón (MacFaddin, 2004) y Agar Pectina (Parkinson et al., 1971). El agar almidón provee información de la producción de α -amilasas (hidrólisis parcial) y la producción de β -amilasas (hidrólisis total). Se utilizó Agar Lignina y Agar Quitina para determinar la capacidad de degradar polisacáridos estructurales complejos (Parkinson et al., 1971).

• Utilización de Lípidos

Para determinar actividad lipolítica en las cepas aisladas se utilizó Agar Tween, medio elaborado a base de Tween 80 donde se detecta la degradación de compuestos orgánicos grasos (Chakrabarty et al., 1970).

Los resultados de cada prueba bioquímica fueron expresados como frecuencia relativa, número de cepas bacterianas y fúngicas que mostraron respuesta positiva a la prueba, respecto al total de cepas.

Análisis estadístico

Se realizaron análisis de componentes principales (PCA) basados en una matriz de correlación, como técnica de ordenación que relacionó las variables químicas y microbiológicas vinculadas a cada ciclo biogeoquímico en el gradiente de inundación en las diferentes épocas de muestreo. Para los análisis se utilizó el paquete estadístico PAST (Hammer y Harper, 2001).

Resultados y Discusión

En la planicie de inundación del Río Mapire existe un gradiente de condiciones fisicoquímicas que influye en la descomposición de materia orgánica en el suelo. Bastardo (1983) establece que en suelos inundables la materia orgánica depositada en el compartimiento suelo constituye el principal reservorio de nutrientes en este tipo de ecosistemas, debido a tres factores característicos: biestacionalidad (sequía e inundación extremas), suelo mal drenado y la

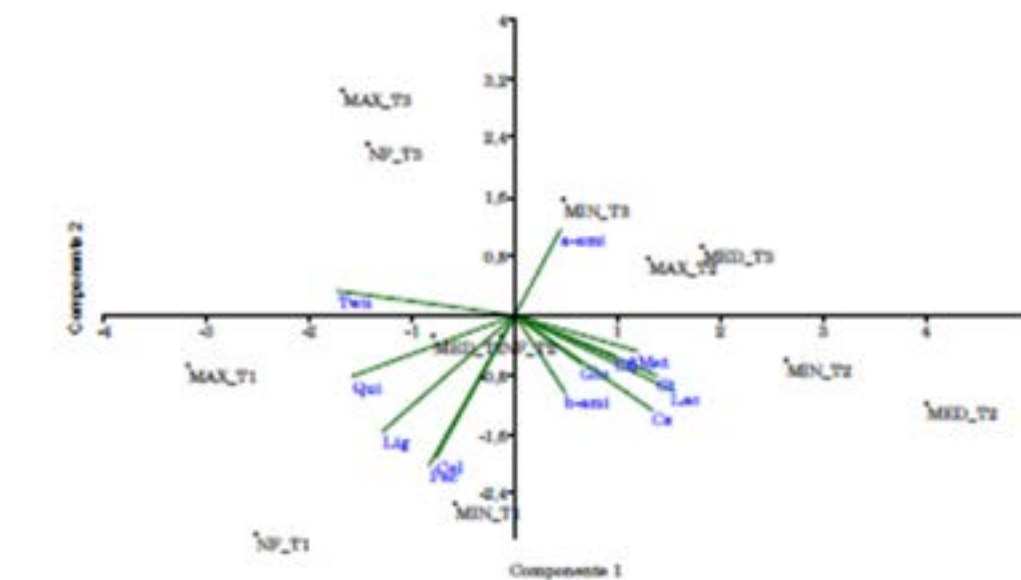
inexistencia de un aporte alóctono de nutrientes.

Con la finalidad de relacionar la distribución de los gremios y la densidad de metanogénicas con las dife-

rentes fracciones del carbono en el suelo, se realizó un análisis de componentes principales basado en una matriz de correlación. Se observó que las diferentes zonas estudiadas del gradiente de inundación se sepa-

ran formando un gradiente espacial y temporal definido por los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, generando diferencias en los procesos del ciclo del carbono en estas zonas (Figura 3).

Figura 3. Análisis de Componentes Principales de las variables fisicoquímicas y microbiológicas asociadas al ciclo del carbono en el gradiente de inundación del Río Mapire (60,5% de la varianza total explicada), CP1 (35,39%) y CP2 (25,11%). MAX, zona máxima inundación. MED, zona de inundación media. MIN, zona de mínima inundación. NF, zona no inundada. T1, sequía. T2, inicio de lluvias. T3, inundación. Ct, carbono total. Cs, carbono soluble. Cfl, carbono de la fracción ligera. Met, densidad de bacterias metanogénicas. Glu, metabolismo de glucosa. Lac, metabolismo de lactosa. a-ami, hidrólisis parcial de almidón. b-ami, hidrólisis completa de almidón. Pec, degradación de pectina. Cel, degradación de celulosa. Lig, degradación de lignina. Qui, degradación de quitina. Twn, degradación de lípidos.



De acuerdo al análisis, en las zonas MAX y MED se determinó mayor frecuencia de utilización de quitina y lípidos, mientras que las zonas MIN y NF se caracterizaron por mayor consumo de pectina, celulosa y lignina (Fig. 3). Se observó que durante la sequía hay deficiencia de carbono lábil, por lo que la materia orgánica

acumulada durante este período permite la expresión de gremios celulíticos, pectinolíticos, lignolíticos, quitinolíticos y lipolíticos, favoreciendo la descomposición de polímeros estructurales.

Una explicación para este patrón durante la sequía es que la vegeta-

ción pierde sus hojas como un mecanismo adaptativo para evitar la evapotranspiración excesiva (Fernández et al., 1999) y esta hojarasca tiende a acumularse ya que déficit hídrico limita la actividad microbiana (Bastardo, 1983; Banach et al., 2009).

La hojarasca contiene alto conteni-

do de compuestos estructurales que son aprovechados por aquellos grupos microbianos (bacterias y hongos) con la capacidad de utilizar estos compuestos (Smart y Jackson, 2009) y en consecuencia, ocurre predominancia de estos gremios. Se determinó que en las zonas MIN y NF predominan los gremios celulolíticos, pectinolíticos y lignolíticos, mientras que en las zonas MAX y MED fueron más frecuentes los quitinolíticos y lipolíticos. Estas variaciones espaciales en la distribución de los gremios podrían ser consecuencia de las diferencias en la textura del suelo. Las zonas MIN y NF presentan mayor contenido de arenas y por tanto un espacio poroso en el suelo que permite mayor difusión de oxígeno, mientras que las zonas MAX y MED presentan una textura más arcillosa, lo cual influye en la disponibilidad de oxígeno y en la actividad de las exoenzimas involucradas (Stoeckel y Miller-Goodman, 2001).

Durante la entrada de lluvias se observó un incremento de la materia orgánica (soluble y particulada), disponible para el ataque microbiano, que permitió la expresión de alta frecuencia de gremios que participan en el metabolismo de carbohidratos simples tales como glucosa, lactosa y almidón (Figura 3). El aumento en el contenido de carbono orgánico disponible se atribuye al incremento de la biomasa microbiana y su actividad, como consecuencia del cambio en la condición de humedad del suelo, el lavado de nutrientes de la hojarasca (Bastardo, 1983), así como lisis de células microbianas por shock osmó-

tico producto del rehumedecimiento del suelo (Rees et al., 2006). La vegetación del bosque también incrementa su actividad, incorporando a la solución del suelo exudados radicales y hojarasca que sirven como sustrato para los microorganismos (Stoeckel y Miller-Goodman, 2001).

Al final del hidroperíodo, durante la inundación (T3), se determinó que la frecuencia de utilización de sustratos disminuyó, aunque mantiene su actividad, predominando el uso de carbohidratos simples y lípidos. Las zonas MAX y NF se caracterizaron por presentar alta frecuencia de utilización de lípidos, mientras que en las zonas MED y MIN predominó la hidrólisis parcial de almidón (Figura 1). La predominancia de estos gremios se debió posiblemente a la liberación de estos compuestos del protoplasma durante la lisis celular en el periodo de inundación, mientras que la hidrólisis de polímeros complejos disminuyó por el exceso de humedad.

Con base en los resultados obtenidos, se propone un esquema (Figura 4) que representa la sucesión microbiana involucrada en la dinámica de descomposición de materia orgánica en la planicie de inundación del Río Mapire. De acuerdo con Bastardo (1983), el proceso de descomposición de la materia orgánica inicia con el metabolismo de sustratos orgánicos solubles, inmediatamente disponibles para el ataque microbiano, seguido de la utilización de productos orgánicos intermediarios de esta primera etapa, que son utilizados por

una amplia variedad de microorganismos produciendo más biomasa microbiana. En la etapa final, son mineralizados los polímeros estructurales complejos, más resistentes al ataque microbiano. Los resultados de esta investigación muestran un patrón muy similar al propuesto por este autor, sin embargo, las condiciones de biestacionalidad y deficiencia de nutrientes en el suelo de la planicie de inundación del Río Mapire, condicionan un proceso sucesional particular para este sistema. Resultados similares son reportados por Fierer et al., (2003), quienes indican que no son los pulsos de inundación los que definen la actividad microbiana, sino más bien la disponibilidad de sustratos en el suelo, debido a que la heterogeneidad de la hojarasca en el suelo garantiza variedad de sustratos para la actividad microbiana.

Figura 4. Esquema que describe la dinámica de descomposición de materia orgánica en la planicie de inundación del Río Mapire. MAX, zona máxima inundación. MED, zona de inundación media. MIN, zona de mínima inundación. NF, zona no inundada. T1, sequía. T2, inicio de lluvias. T3, inundación.



Agradecimiento

Los autores agradecen al FONACIT por el financiamiento otorgado para la realización

Conclusiones

La comunidad microbiana establece relaciones complejas entre los diferentes organismos que la componen, así como con las variables físico-químicas en el suelo, definiendo entonces, patrones particulares en los procesos en los que participan. En este estudio, los resultados obtenidos indican que la dinámica del carbono en el bosque inundable del Río Mapire obedece a los cambios

en la disponibilidad de sustratos para los microorganismos, debido a la fluctuación de la lámina de agua y la textura del suelo. Se propone que los pulsos de inundación determinan la disponibilidad de fuentes de carbono y esto a su vez influye en los patrones de estructuración comunitaria.

Referencias Bibliográficas

- Anderson, J.; Ingram, J.S. (1993). Tropical Soil Biology and Fertility: A Handbook of Methods. CAB International. Wallingford. UK.
- Banach, A.M.; Banach, K.; Visser, E.J.W.; Stepniewska, Z.; Smits, A.J. M.; Roelofs, J.G.M.; Lamers, L.P.M. (2009). Effects of summer flooding on floodplain biogeochemistry in Poland; implications for increased flooding frequency. Biogeochemistry 92: 247–262.
- Bastardo, H. (1983). Los microorganismos y su importancia en el proceso de descomposición. Trabajo de Ascenso. Universidad Central de Venezuela.
- Carballas, M.T. (2004). La material orgánica del suelo y el cambio climático global. Discurso de Ingreso, Academia de Farmacia de

- Galicia. Imprenta Universitaria. Santiago de Compostela.
- Carbón, J.; Schubert, C. (1994). Late Cenozoic history of the eastern Llanos of Venezuela: geomorphology and stratigraphy of the Mesa Formation. *Quaternary International* 21: 91–100.
- Chacón N.; Dezzio, N.; Rangel, M.; Flores, S. (2008). Seasonal changes in soil phosphorus dynamics and root mass along a flooded tropical forest gradient in the lower Orinoco River, Venezuela. *Biogeochemistry* 87:157–168.
- Chakrabarty, A. N.; Sati, A.; Pramanik, M.K. (1970). The Hydrolysis of Tween 80 by *Vibrios* and *Aeromonads*. *Journal of Applied Bacteriology* 33: 397–402.
- Fernández, M.D.; Pieters, A.; Donoso, C.; Herrera, C.; Tezara, W.; Rengifo, E.; Herrera, A. (1999). Seasonal changes in photosynthesis of trees in the flooded forest of the Mapire river. *Tree Physiology*. 19: 79–85.
- Fierer, N.; Schimel, J.P.; Holden, P.A. (2003). Variations in microbial community composition through two soils depth profiles. *Soil Biology and Biochemistry*. 35: 167–176.
- Hammer, Ø.; Harper, D.A. (2001). PAST: Paleontological Statistics Software Package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica*. 4(1): 9.
- McFaddin, J. (2004). *Pruebas Bioquímicas Para La Identificación De Bacterias De Importancia Clínica*. 3ª Edición. Ediciones Panamericana. Argentina.
- Parkinson, D., Gray, T.R.G.; Williams, S.T. (1971). *Methods for Studying the Ecology of Soil Micro-organisms*. IBP Handbook No 19. International Biological Programme. Blackwell Scientific Publications. Oxford.
- Ravot, G.; Ollivier, B.; Magot, M.; Patel, C. (1995). Thiosulfate reduction, an important physiological feature shared by members of the order Thermotogales. *Applied Environmental Microbiology*. 61: 2053–2055.
- Rees, G.; Watson, G.; Baldwin, D.; Mitchell, A. (2006). Variability in sediment microbial communities in a semipermanent stream: impact of drought. *Journal the North American Benthological Society*. 25(2): 370–378.
- Smart, K.; Jackson, C. (2009). Fine Scale Patterns in Microbial Extracellular Enzyme Activity during Leaf Litter Decomposition in a Stream and its Floodplain. *Microbial Ecology*. 58: 591–598.
- Sollins, P.; Spycher, G.; Glassman, C. (1984). Net nitrogen mineralization from light- and heavy-fraction forest soil organic matter. *Soil Biology and Biochemistry*. 16(1): 31–37.
- Stoeckel, D.M.; Miller-Goodman, M.S. (2001). Seasonal Nutrient Dynamics of Forested Floodplain Soil Influenced by Microtopography and Depth. *Soil Science Society of America Journal*. 65: 922–931.
- Vegas-Vilarrúbia, T.; Herrera, F. (1993). Effects of periodic flooding on the water chemistry and primary production of the Mapire systems (Venezuela). *Hydrobiologia*. 262: 31–42.
- Walkley, A.; Black, A. (1934). An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter

Producción de azúcares fermentables por hidrólisis ácida diluida del bagazo de caña de azúcar

Abreu Manuel

Libre Ejercicio Profesional
manuelmedina16@hotmail.com
Venezuela- Zulia

La Rosa Oswaldo

Libre Ejercicio Profesional
manuelmedina16@hotmail.com
Venezuela - Zulia

Chandler Cintia

Aiello Cateryna

Mármol Zulay

Villalobos Nercy

Rincón Marisela

Arenas Elsy

Laboratorio de Tecnología de Alimentos y Fermentaciones Industriales
Facultad de Ingeniería
Universidad del Zulia
manuelmedina16@hotmail.com
Venezuela- Zulia

Fecha de recepción: 06-02-2014 Fecha de aceptación: 15-03-2014

Resumen

El bagazo de la caña de azúcar es uno de los residuos agroindustriales más abundantes en Venezuela y es una posible alternativa para satisfacer la demanda energética, siendo además de bajo impacto ambiental. En esta investigación, se evaluó la producción de azúcares fermentables por hidrólisis ácida diluida del bagazo de caña de azúcar, empleando ácido sulfúrico (H_2SO_4) a diferentes concentraciones y tiempos de reacción. Se alcanzaron máximas concentraciones de azúcares reductores

(AR) de 11.54 g/L y azúcares totales (AT) 11.81 g/L a 4 h de reacción y 2% de ácido sulfúrico; sin embargo, a 3 h y 1,5% se obtuvieron concentraciones con 10.53 g/L para AR y 11.26 g/L para AT para los cuales no hubo diferencias significativas entre estos dos tratamientos. Al realizar la prueba de medias se tuvo como respuesta que las variables tiempo, concentración y la interacción tiempo-concentración tienen diferencias significativas ($p < 0.0001$), con ello se estudió el comportamiento de los azúcares a diferentes concentraciones de ácido y tiempos de reacción,

al igual que se determinó la ecuación cinética de conversión de azúcares reductores en función del tiempo. Se concluye que las ecuaciones cinéticas de las reacciones para azúcares reductores en función del tiempo de reacción resultaron ser de pseudo primer orden, encontrándose un mejor ajuste a medida que aumenta la concentración de ácido sulfúrico.

Palabras clave: Producción de etanol; reducción de gases de efecto invernadero; hidrólisis ácida diluida

Production of fermentable sugars by dilute acid hydrolysis of sugar cane bagasse

Abstract

Sugarcane bagasse is one of the most abundant agroindustrial wastes in Venezuela and is a possible alternative to satisfy the energy demand, being also of low environmental impact. In this research, the production of fermentable sugars by dilute acid hydrolysis of sugarcane bagasse was evaluated, using sulfuric acid (H_2SO_4) at different concentrations and reaction times. Maximum concentrations of reducing sugars (RS)

of 11.54 g/L and total sugars (TS) of 11.81 g/L were reached at 4 h of reaction and 2% sulfuric acid; however, at 3 h and 1.5%, concentrations of 10.53 g/L for RS and 11.26 g/L for TS were obtained, for which there were no significant differences between these two treatments. The test of means showed that the variables time, concentration and the interaction time-concentration have significant differences ($p < 0.0001$), with this the behavior of the sugars at different acid concentrations and

reaction times was studied, and the kinetic equation of conversion of reducing sugars as a function of time was determined. It is concluded that the kinetic equations of the reactions for reducing sugars as a function of reaction time were pseudo first order, finding a better fit as the concentration of sulfuric acid increases.

Keywords: Ethanol production; greenhouse gas reduction; dilute acid hydrolysis; dilute acid hydrolysis

Introducción

Los desechos y residuos sólidos generados por la industria, que son dispuestos en sitios a cielo abierto cerca de ríos y quebradas sumado a la materia orgánica (la cual puede ser de origen doméstico, industrial o agroindustrial), generan lixiviados los cuales representan un potente contaminante, que no solo contamina el suelo, sino que también impacta los recursos hidrológicos de la zona afectando el nivel freático y los acuíferos del lugar. En el mundo existe la necesidad de disponer y transformar los residuos industriales y agroindustriales en productos de mayor valor comercial, evitando así impactos ambientales por la descomposición de los mismos en vertederos de basura a cielo abierto (Tchobanglous, 1999).

Uno de los residuos agroindustriales que se dispone en grandes volúmenes y a bajo costo es el bagazo de caña de azúcar, el cual es generado en la producción del azúcar de caña el cual puede ser aprovechado mediante la hidrólisis ácida diluida con ácido sulfúrico (H_2SO_4), con la finalidad de obtener azúcares fermentables y establecer las condiciones necesarias para ser utilizado posteriormente en procesos de fermentación (Gámez, 2005).

Desde hace muchos años la mayor y más eficiente fuente de energía ha sido la combustión de combustibles fósiles, siendo el petróleo y sus derivados los de mayor demanda. El uso de estos combustibles fósiles, trae como consecuencia la emisión

de gases contaminantes a la atmósfera, principalmente dióxido de carbono, conocido hoy como gas de invernadero, en referencia al efecto que produce sobre el ecosistema. Es por ello que se presenta la necesidad de buscar formas de energía alternativas, que produzcan el menor impacto sobre el ambiente y no interrumpa el avance y aplicación de nuevas tecnologías.

Una posible alternativa es la fermentación de los azúcares producidos por la hidrólisis ácida del bagazo, con la finalidad de obtener etanol cuya combustión podría generar la energía suficiente para satisfacer la demanda energética, con una producción estequiométrica de dióxido de carbono muy por debajo que la producida por los combustibles fósiles representando una alternativa más amigable al ambiente.

En esta investigación se evaluó la producción de azúcares fermentables por hidrólisis ácida diluida del bagazo de caña de azúcar usando distintos tiempos de reacción y variando las concentraciones de ácido sulfúrico.

Materiales y Métodos

Sustrato

Se utilizó bagazo de la caña de azúcar proveniente del Central Azucarero La Pastora, ubicado en la parroquia Cecilio Zubillaga, municipio Torres del estado Lara, Venezuela. El bagazo se secó, se molió utilizando un molino de cuchillas (Thomas Wiley Laboratory Mill, Model 4) y se

pasó por un tamiz de 20 mesh, para obtener un tamaño de partícula $\leq 1\text{mm}$ y se almacenó en bolsas plásticas de cierre hermético a temperatura ambiente hasta el momento de su uso.

Caracterización del bagazo

Para la caracterización del bagazo tratado y sin tratar se determinó el contenido de celulosa, hemicelulosa y sólidos solubles utilizando el método de Goering y Van Soest (1970), en el cual se obtiene una relación con la fibra ácido detergente (FAD), fibra neutro detergente (FND) y lignina ácido detergente (LAD) de acuerdo a las Ecuaciones 1, 2 y 3:

$$\text{Celulosa (\%)} = \text{FAD (\%)} - \text{LAD (\%)} \quad (1)$$

$$\text{Hemicelulosa (\%)} = \text{FND (\%)} - \text{FAD (\%)} \quad (2)$$

$$\text{Lignina (\%)} = \text{LAD (\%)} - \text{Cenizas} \quad (3)$$

Hidrólisis ácida diluida

La hidrólisis ácida se realizó con ácido sulfúrico diluido al 0.5; 1.0; 1.5; 2.0 % y tiempos de reacción de 1, 2, 3 y 4 h, en una relación L/S=15:1 con ebullición a reflujo. Todas las hidrólisis se realizaron por triplicado. Una vez transcurrido el tiempo establecido, se enfrió la mezcla rápidamente para detener la reacción y luego el hidrolizado se filtró a través de papel Whatman N°1. Por último se guardó a 4 °C hasta su posterior utilización. Cuando se realizaron los análisis el pH se ajustó a 4.5 con una solución 6N de NaOH.

Determinación de azúcares reductores

El contenido de azúcares reductores, presente en el hidrolizado se determinó empleando el método del ácido 3,5 dinitrosalicílico (DNS), propuesto por Miller (1959), utilizando glucosa como estándar. La absorbancia se midió en un espectrofotómetro de rayos UV modelo (Genesys 10UV) a una longitud de onda de 550 nm.

Determinación de azúcares totales

Los azúcares totales se determinaron a través del método colorimétrico propuesto por [Dubois et al., (1956)], el cual utiliza glucosa como estándar. Las lecturas de absorbancia se midieron en un espectrofotómetro UV visible (Genesis 100v de Thermo Scientific, Electron Corp.) a 490 nm.

Análisis estadístico

Se realizó el análisis de varianza (ANOVA) y la prueba de media HSD de Tukey para todos los resultados con el paquete estadístico Statistical

Analysis System 9.1 (SAS).

Análisis Cinético

Para evaluar la cinética de la reacción de hidrólisis ácida diluida del bagazo de caña de azúcar, se utilizó el método integral el cual consiste en hacer regresiones lineales construyendo los gráficos de Concentración de azúcares (Caz), Logaritmo neperiano de concentración de azúcares (\ln Caz) y el inverso de la concentración de azúcares ($1/\text{Caz}$) contra tiempo (t), siendo el orden de la reacción 0, 1 ó 2 respectivamente según la regresión que presente una mejor correlación. Para determinar las constantes de velocidad (k) se realizó una regresión exponencial de los datos de concentración de azúcares, en cuya ecuación producto de la regresión, el coeficiente de la variable tiempo representa la constante de velocidad.

Rendimiento de producción de azúcares fermentables

El rendimiento para azúcares fue calculado usando la ecuación formulada por [Neureiter et al., (2002)] que

se expresa en la Ecuación (4):

Rendimiento (%): (Concentración de azúcar(g/L)) *100 (4)
(Volumen de ácido(L)*Masa de bagazo (g))

Este rendimiento describe la cantidad de sustancia en gramos que puede ser obtenida a partir de 100 gramos de materia seca de bagazo, después de una reacción completa de acuerdo a lo propuesto por Neureiter et al., (2002).

Resultados y Discusión

En la Tabla 1 se presentan los resultados obtenidos de la caracterización del bagazo de caña de azúcar seco y molido previo al hidrólisis. Los valores corresponden los promedios de dos réplicas. Todos los componentes porcentuales están expresados en base seca.

Tabla 1. Caracterización del bagazo de la caña de azúcar (base seca)

Compuesto	%
Hemicelulosa	10.05
Celulosa	58.90
Lignina	13.62
Materia Seca Total	95.26

Estos resultados están en el orden de rangos de los valores reportados en otras investigaciones, con valores de celulosa 40-60% y lignina 10-25%; sin embargo, el contenido de hemicelulosa es menor con un valor de 10% [Hon y Shiarishi, 2001; Ferrer et al., (2002); Pernalet et al., (2008); Schacht et al., (2008); Cortinez, 2010)]. Estos valores permiten afirmar que el bagazo de caña de

azúcar es una importante y potencial fuente de azúcares debido a su alto contenido de celulosa y de hemicelulosa [Zanin G, (2000); Pernalet et al., (2008); Schacht et al., (2008); Gutiérrez, (2009); Cortinez, (2010); Rocha, (2011)].

En la Tabla 2 se presenta la concentración de azúcares reductores en los diferentes hidrolizados para cada

concentración de ácido sulfúrico (%) y tiempo (h). En los resultados se aprecia que, para todas las hidrólisis, a medida que aumenta el tiempo de reacción la concentración de azúcares reductores se incrementa, esta tendencia también ha sido reportada por otros investigadores (Gámez et al., (2005); Gutiérrez et al., (2009); Cortinez, 2010)].

Tabla 2. Contenido de azúcares reductores (g/L) para las diferentes concentraciones de ácido y tiempos de reacción

Concentración de ácido (%)	Tiempo de hidrólisis (h)			
	1	2	3	4
0.5	2.10±0.71 ^f	4.00±0.38 ^{de}	4.83±0.06 ^{de}	3.89±0.25 ^e
1.0	4.98±0.29 ^d	7.11±0.33 ^c	8.24±0.03 ^b	7.00±0.12 ^c
1.5	6.92±0.24 ^c	8.68±0.20 ^b	10.53±0.08 ^a	10.61±0.68 ^a
2.0	8.48±0.51 ^b	8.96±0.25 ^b	10.94±0.07 ^a	11.54±0.20 ^a

Nota: Letras distintas como superíndices en una fila, indican diferencias significativas entre medias para un mismo tratamiento a un determinado tiempo de reacción, a diferentes concentraciones de ácido.

La excepción se observa en las hidrólisis con 0.5 y 1.0 % de ácido, en las cuales se alcanza una concentración de azúcares máxima a las 3 horas de reacción y luego decrece. Este efecto pudiera ser causado por la degradación térmica de los azúca-

res, sin embargo, no pudo ser comprobado.

El análisis de varianza para la producción de azúcares reductores arrojó una correlación de 98.99%, lo cual indica que tanto la concen-

tración de ácido como el tiempo de reacción influyen significativamente sobre la concentración de azúcares reductores producto del hidrolizado.

La prueba de medias de Tukey (letras diferentes en la fila denotan

diferencias significativas) indica que durante las primeras horas de reacción y bajas concentraciones de ácido las variables ejercen mayor influencia sobre la concentración de azúcares, la cual se hace menos significativa a medida que aumenta el tiempo de reacción y la concentración de ácido. También se puede observar que la variable de mayor influencia sobre la producción de azúcares reductores es la concentración de ácido.

La máxima concentración de azúcares reductores fue de 11.54 g/L obtenida para la hidrólisis realizada con y 2% ácido sulfúrico durante 4 horas, sin embargo, este valor es muy cercano al obtenido para la hidrólisis con ácido al 1.5% durante 3 horas, no encontrándose diferencias significativas mediante la prueba de Tukey entre los dos valores. Esto permite indicar que se puede reducir

el costo de la hidrólisis en función del consumo de ácido sulfúrico y de energía por el tiempo de duración del proceso.

Los valores obtenidos de azúcares reductores concuerdan con los resultados de otros investigadores. [Ferrer *et al.*, (2002)] obtuvieron una concentración máxima de azúcares reductores de 16.76 g/L en hidrólisis de bagacillo caña de azúcar con ácido sulfúrico al 6% durante 4 horas. Esta concentración es ligeramente mayor, pero el consumo de ácido sulfúrico es tres veces mayor, lo cual afecta la economía del proceso. [Neureiter *et al.*, (2002)] reportaron la producción de 22.95 g/L de xilosa durante la hidrólisis de bagazo de caña de azúcar con de ácido sulfúrico (0.045 mol/L y 20% de materia seca) a 159°C y 17 minutos de reacción, por lo que utilizaron cantidades de solución ácida con baja concentración de bagazo

y altas temperaturas, lo cual puede causar problemas de degradación de los azúcares generados durante el proceso.

En la Tabla 3 se presentan la concentración de azúcares totales obtenida en los diferentes hidrolizados para todos los tiempos de reacción y porcentajes de ácido sulfúrico. Los resultados arrojados por el análisis de varianza para la producción de azúcares totales tuvieron una correlación de 99.61%, lo cual indica que tanto la concentración de ácido como el tiempo de reacción influyen teniendo diferencias significativas ($p < 0.0001$) sobre la concentración de azúcares reductores producto del hidrolizado. Este tipo de interacciones también fueron reportadas por otros investigadores [Pessoa *et al.*, 1(997); Ferrer *et al.*, (2002); Neureiter *et al.*, (2002); Gámez, 2005; Sarrouh *et al.*, (2005); Schacht *et al.*, (2008)].

Tabla 2. Contenido de azúcares reductores (g/L) para las diferentes concentraciones de ácido y tiempos de reacción

Concentración de ácido (%)	Tiempo de hidrólisis (h)			
	1	2	3	4
0.5	2.61±0.19 ⁱ	4.16±0.15 ^h	4.92±0.07 ^g	4.14±0.31 ^h
1.0	5.86±0.11 ^f	7.23±0.11 ^e	8.94±0.14 ^d	7.12±0.03 ^e
1.5	7.35±0.10 ^e	9.52±0.18 ^c	11.26±0.20 ^a	11.53±0.32 ^a
2.0	8.67±0.41 ^d	10.52±0.45 ^b	11.39±0.06 ^a	11.81±0.10 ^a

Nota: Letras distintas como superíndices en una fila, indican diferencias significativas entre medias para un mismo tratamiento a un determinado tiempo de reacción, a diferentes concentraciones de ácido.

Al igual que para los azúcares reductores, a medida que aumenta la concentración y el tiempo de reac-

ción, aumenta el contenido de azúcares totales, lo cual concuerda con lo reportado por [Gámez *et al.*, (2005),

Gutiérrez *et al.*, (2009) y Cortinez, (2010)]. La excepción se presenta en las hidrólisis con ácido al 0.5 y 1.0 %

en las cuales se alcanza una concentración de azúcares máxima a las 3 horas de reacción y luego decrece, no existiendo diferencias significativas entre las concentraciones obtenidas a las 3 y 4 horas.

Las máximas concentraciones de azúcares totales fue 11.81 g/L para las 4 horas y 2% ácido sulfúrico, no existiendo diferencias significativas

con la concentración obtenida en la hidrólisis con ácido al 1.5% durante 3 horas, de 11.26 g/L. Estos resultados coinciden con lo obtenido para los azúcares reductores, por lo que utilizar estas últimas condiciones permitiría un ahorro de ácido y energía en el proceso.

En la Tabla 4 se muestran las correlaciones obtenidas a partir de las

tendencias lineales de las gráficas de Concentración de azúcares (Caz), Logaritmo neperiano de concentración de azúcares (Ln Caz) y el inverso de la concentración de azúcares (1/Caz) en función del tiempo (t). Se observa que las mejores tendencias se logran con las dos últimas, cuyos factores de correlación lineal coinciden.

Tabla 4. Correlaciones (R2) obtenidas a partir de las tendencias lineales de las gráficas Concentración de azúcares (Caz), Logaritmo neperiano de concentración de azúcares (Ln Caz) y el inverso de la concentración de azúcares (1/Caz) contra tiempo (t)

Variable Y	Tiempo de hidrólisis (h)			
	0.5	1.0	1.5	2.0
Caz	0.4861	0.4684	0.9045	0.9374
Ln (Caz)	0.4799	0.5084	0.8919	0.9376
1/Caz	0.5157	0.5078	0.8742	0.9374

Se elige como orden de la reacción un pseudo orden uno en función de los resultados reportados por [Seaman (1945), Rodríguez Chong *et al.*, (2002) y Aguilar *et al.*, (2004)] que establecen que las reacciones generadas en la hidrólisis ácida de materiales lignocelulósicos son muy complejas y por ende es recomendable usar modelos empíricos o simplificados para determinar la cinética, la cual sigue una tendencia exponencial

y se va adecuando más a medida que aumenta la concentración de ácido sulfúrico [Gámez, (2005); Schacht *et al.*, (2008)].

En la Tabla 5 se muestran las ecuaciones cinéticas que rigen el comportamiento. Se observa que a medida que aumenta el tiempo de reacción, la constante de velocidad va disminuyendo, lo cual puede ser debido a que se dificulta la hidrólisis

al material que aún no ha reaccionado. Estos resultados coinciden con los reportados por Gonçalves (2003), Rodríguez-Chong (2004), Gámez (2005), Area (2008) y Schacht *et al.*, (2008). Por otro lado la constante varía a pesar de ser una reacción isotérmica, lo cual indica que debe existir dependencia con la concentración de ácido.

Tabla 5 Ecuaciones cinéticas de producción de azúcares reductores y constantes de velocidad

Concentración de ácido (%)	Ecuación cinética	k (s-1)
0.5	$C_{az} = 2.130e^{0.203t} R^2 = 0.529$	0.203
1.0	$C_{az} = 5.019e^{0.116t} R^2 = 0.501$	0.116
1.5	$C_{az} = 6.257e^{0.147t} R^2 = 0.891$	0.147
2.0	$C_{az} = 7.473e^{0.112t} R^2 = 0.937$	0.112

Rodríguez-Chong *et al.*, (2002) afirman que el modelo cinético que rige la conversión de las fracciones de celulosa y hemicelulosa constituyentes del bagazo de caña de azúcar en azúcares reductores sigue el siguiente paso elemental empleando un modelo cinético pseudohomógeno en fase líquida basándose en el trabajo de Seaman (1945) de la hidrólisis de madera de asbesto usando ácido sulfúrico:

Polímeros (Hemicelulosa y Celulosa)

Monómeros (Azúcares reductores, mayormente xilosa)

La xilosa se toma como producto principal del hidrólisis debido a que es el monómero que mayoritariamente constituye la hemicelulosa, y es la fracción que sufrió mayor hidrólisis, considerando también que la concentración de azúcares fermentables frente a la concentración de azúcares totales son muy próximas. Aguilar y Canizales (2004) desarrollaron un modelo cinético para las condiciones óptimas del hidrólisis, basado en dos reacciones consecutivas de pseudo primer orden irreversibles homogéneas para la sacarificación promedio.

En la Tabla 6 se observa el rendimiento de producción de azúcares fermentables, basándose en la canti-

dad de azúcares máxima que pudiese ser extraída si toda la hemicelulosa y celulosa fuese hidrolizada. Se observa que a medida que aumenta la concentración de ácido y el tiempo se va obteniendo mayor cantidad de azúcares fermentables con respecto a los disponibles, teniendo un máximo de 17.31%.

Estos valores concuerdan con lo reportado por [Neureiter *et al.*, (2002)] quienes indican que los experimentos con alta cantidad materia seca usualmente dan hidrolizados con alta concentración de azúcares, aunque el rendimiento pueda ser menor.

Tabla 6. Rendimiento de producción en azúcares reductores (%)

Concentración de ácido (%)	Tiempo (h)			
	1	2	3	4
0.5	3.15	6.00	7.24	5.84
1.0	7.47	10.67	12.36	10.50
1.5	10.38	13.02	15.80	15.92
2.0	12.72	13.44	16.41	17.31

Conclusiones

Los máximos valores de azúcares reductores producidos fueron de 11.54 g/L (11.81 g/L de azúcares totales) con un rendimiento de 17.31% y de 10.53 g/L de (11.26 g/L de azúcares totales) con un rendimiento de 15.80%, para las hidrólisis realizadas con ácido sulfúrico diluido al 2% durante 4h y al 1.0% durante 3 horas, respectivamente.

Las ecuaciones cinéticas de las reacciones para azúcares reductores en función del tiempo de reacción resultaron ser de pseudo primer orden, encontrándose un mejor ajuste a medida que aumenta la concentración de ácido sulfúrico.

Agradecimiento

Al Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico de la Universidad del Zulia (CONDES) por el financiamiento de esta investigación.

Referencias Bibliográficas

- Aguilar N., Canizales M. (2004). Cinética del hidrólisis ácida de la cascarilla de cebada. *Revista mexicana de ingeniería química*. 3, 257-263.
- Area M., Felissia F., Vallejos M. (2008). Fraccionamiento etanol-agua de bagazo de caña de azúcar catalizado con ácidos. *Universidad de Guadalajara*. 6-8.
- Cortinez, V. (2010). Comparación de pretratamientos en residuos forestales para la producción de bioetanol de segunda generación: hidrólisis ácida y líquidos iónicos. *Universidad de Chile*. 13-41.
- Dubois, M.; Gilles, K.A.; Hamilton, J. K.; Rebers, P. A.; Smith, F. (1956). Colorimetric Method for Determination of Sugars and Related Substances. *Anal. Chem.* 28 (3): 350-356.
- Ferrer, J.; Páez, G.; Arenas de Moreno, L.; Chandler, C.; Mármol, Z.; Sandoval, L. (2002) Cinética del hidrólisis ácida de bagacillo de caña de azúcar. *Revista de la Facultad de Agronomía*. 19. 23-33.
- Gámez, S.; Gonzalez-Cabriales, J.; Ramírez, J.; Garrote, G.; Vázquez, M. (2006). Study of the hydrolysis of sugar cane bagasse using phosphoric acid. *Journal of food engineering* 74:78-88.
- Gámez, S.; González-Cabriales, J.; Ramírez, J.; Garrote, G.; Vázquez, M. (2006). Study of the hydrolysis of sugar cane bagasse using phosphoric acid. *Journal of food engineering*. 74: 78-88.
- Goering, H. K.; Van Soest, P. J. (1970). Forage fiber analysis. *Agricultural handbook*. Nº 379. USDA, Washington, DC. USA.
- Gutiérrez, B.; Ortiz, B.; Montero, M.; Barradas, D.; Aguilar, G. (2009). Efecto del doble hidrólisis ácida del bagazo de caña sobre la producción de azúcares y furfural. *Instituto Tecnológico de Veracruz*. 1.
- Hon, D.; Shiraishi, N. (2001) *Wood and Cellulosic Chemistry*. Editorial Marcel Dekker, Inc. segunda edición. 51-212.
- Miller, G. L. (1959). Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. *Anal. Chem.* 31: 426-428.
- Neureiter, M.; Danner, H.; Thomasser, C.; Saidi, B.; Braun, R. (2002). Diluted-acid hydrolysis of sugarcane bagasse at varying conditions. *Applied biochemistry and biotechnology*. 98- 100: 49-58.
- Pernalet, Z.; Piña F.; Suárez, M.; Ferrer, A.; Aiello, C. (2008). Fraccionamiento del bagazo de caña de azúcar mediante tratamiento amoniacal: efecto de la humedad del bagazo y la carga de amoníaco. *Bioagro*. 20: 3-10.
- Pessoa, A.; Mancilha, I.; Sato, S. (1997). Acid hydrolysis of hemicellulose from sugarcane bagasse. *Braz. J. Chem Eng*, 14. 2-5.
- Rocha, G.; Martin, C.; Soares, I.; Maior, A.; Baudel, H.; Moraes de Abreu, C. (2011). Dilute mixed-acid pretreatment of sugarcane bagasse for ethanol production. *Biomass and bioenergy*. 35:663-670.
- Rodríguez-Chong, A.; Ramírez, J.; Garrote, G.; Vázquez, M. (2004). Hydrolysis of sugarcane bagasse

using nitric acid: a kinetic assessment. *Journal of food engineering*. 61: 143-152.

Sarrouh, B.; Jover, J.; González, E. (2005). Estudio del hidrólisis del bagazo con ácido sulfúrico concentrado utilizando dos variantes de una sola etapa y una sola etapa modificada para la obtención de etanol y análisis técnico-económico de dicho proceso. *Revista Ingeniería e Investigación*. 25: 36-37.

Schacht, C.; Zetzl, C.; Brunner, G. (2008). From plant materials to ethanol by means of supercritical fluid technology. *J. of Supercritical Fluids*. 46:301-308.

Seaman, J.F. (1945). Kinetic of wood saccharification. Hydrolysis of cellulose and decomposition of sugar in dilute acid at high temperature. *Ind. Eng. Chem.* 37: 43-52.

Tchobanglous, G. (1999). *Gestión integral de residuos sólidos*. Editorial Mc Graw Hill. Tomo I: 6-18: 407-424.

Zanin, G.; Santana, C.; Bon, E.; Giordano, R.; Moraes, F.; Andrietta, S.; Neto, C.; Macedo I.; Fo, D.; Ramos, L. y Fontana, J. (2000). *Brazilian Bioethanol Program*. *Applied Biochemistry and*

Hidroquímica y geotermometría de las aguas termales del Municipio Benítez del estado Sucre, Venezuela

Benítez José
Vallejo Aníbal
López Mariceli
Mostue Maj
Departamento de Química. Escuela de Ciencias.
Universidad de Oriente -UDO
benitezudo@gmail.com
Venezuela- Cumaná

Fecha de recepción: 19-03-2014 Fecha de aceptación: 09-01-2014

Resumen

Las aguas termales constituyen un recurso que, además de incrementar el turismo, es utilizado para la producción de energía eléctrica. Se evaluaron 20 fuentes de aguas termales del municipio Benítez, para conocer su hidroquímica y estimar la temperatura de los reservorios, mediante el uso de geotermómetros, que emplean la composición química del agua que emerge. En las fuentes seleccionadas, se realizaron mediciones “in situ” y se tomaron muestras de agua en el punto de emergencia para su posterior análisis químico. Las temperaturas de las aguas estu-

vieron comprendidas entre 29,5 y 92,7°C, considerándose que, en la zona se encuentran fuentes con características hipotermales, mesotermales y hipotermales. Los valores de pH oscilaron desde ácido (2,0) hasta la neutralidad (6,8), con valores de conductividad (785 - 14455 $\mu\text{S}/\text{cm}$) y de sólidos totales disueltos (0,29 - 2,65 g/l), que las identifican como aguas con una apreciable mineralización. Entre los iones mayoritarios predomina la presencia de Na^+ (hasta 866 mg/l) y Cl^- (hasta 1602 mg/l). La secuencia predominante entre los cationes fue $\text{Na}^+ > \text{K}^+ > \text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+}$ y entre los aniones fue $\text{Cl}^- > \text{SO}_4^{2-} > \text{HCO}_3^-$. Los iones minoritarios,

en su mayoría, están por debajo de 1 mg/l. Por su parte, la presencia de los isótopos estables oxígeno-18 (^{18}O) y deuterio (^2H), muestran que son aguas debidas a evaporación. Las temperaturas estimadas, con diferentes geotermómetros Na/K, oscilaron entre 197 y 937°C. Las aguas estudiadas potencialmente pueden ser usadas como fuentes de energía eléctrica, además de fines recreativos y de esparcimiento que promuevan el desarrollo económico y social de los sectores donde emergen.

Palabras clave: aguas termales; hidroquímica; geotermometría; municipio Benítez

Hydrochemistry and geothermometry of the thermal waters of the Benitez Municipality state Sucre, Venezuela

Abstract

The thermal waters are a resource that, in addition to increasing tourism, is used for the production of electric power. Twenty hot springs of the Benitez municipality were evaluated, to know their hydrochemistry and to estimate the temperature of the reservoirs, through the use of geothermometers, which use the chemical composition of the water that emerges. In the selected sources, "in situ" measurements were taken and water samples were taken at the point of emergence for further chemical analysis. The temperatures of the waters were between 29.5 and

92.7 ° C, considering that, in the area are sources with hypothermal, mesothermal and hyperthermal characteristics. The pH values ranged from acid (2.0) to neutrality (6.8), with conductivity values (785 - 14455 pS / cm) and total dissolved solids (0.29 - 2.65 g / l) , that identify them as waters with an appreciable mineralization. Among the major ions, the presence of Na + (up to 866 mg / l) and Cl- (up to 1602 mg / l) predominates. The predominant sequence among the cations was Na + > K + > Ca2 + > Mg2 + and between the anions was Cl - > SO42 - > HCO3 - . "The minority ions, for the most part,

are below 1 mg / l. The presence of the stable isotopes oxygen-18 (18O) and deuterium (2H), show that they are water due to evaporation. The estimated temperatures, with different Na / K geothermometers, oscillated between 197 and 937 ° C. The studied waters can potentially be used as sources of electrical energy, in addition to recreational and leisure purposes that promote the economic and social development of the sectors where they emerge.

Key words: thermal waters, hydrochemical, geothermometry, municipality Benitez.

Introducción

El agua que se escurre por la superficie de la tierra (producto de lluvia, de deshielo, de cursos de agua, entre otros) se infiltra en el terreno y, a través de grietas y fracturas puede alcanzar profundidades de varios cientos o hasta miles de metros. Si este hecho ocurre en una zona donde el gradiente geotérmico es suficientemente anómalo, como para que el agua del acuífero alcance una temperatura adecuadamente alta, estamos en presencia de una manifestación hidrotermal (Mook, 2002). La calidad del agua que emerge de estas manifestaciones se modifica a medida que se mueve por las capas de los suelos y rocas donde fluye. Poco a poco, el agua lixivia o disuelve las formaciones rocosas que atraviesa y adquiere minerales y sustancias químicas que alteran su calidad (Price, 2003). Al mismo tiempo, el agua isotópicamente ligera pasa a la fase vapor de un modo preferencial durante la evaporación. Ello se debe, principalmente, a la menor presión de vapor de aquellas moléculas más pesadas (Arnórsson, 2000).

En el municipio Benítez, ubicado al sureste del estado Sucre, existen muchas localidades con manifestaciones hidrotermales superficiales con índices variables de temperatura e igualmente, una gran riqueza en sales y minerales disueltos. La mayoría de éstas, se encuentran ubicadas en áreas remotas en la parte noroeste de El Pilar, capital del municipio (Urbani, 1991). Díaz (1971) midió

en dos fuentes de aguas termales de las Minas de Azufre de El Pilar, temperaturas de 93,5 y 34,5°C, respectivamente. Urbani (1985) señaló que en la zona de El Pilar se han medido temperaturas de hasta 100°C. D'Amore *et al.*, (1994) midieron en el área geotérmica de El Pilar-Casanay temperaturas entre 24 y 100°C. Por su parte, Benítez (2007) midió en la zona de Aguas Calientes temperaturas entre 51,5 y 95°C, respectivamente. Algunos de estos sistemas hidrotermales son utilizados desde el punto de vista turístico y terapéutico. No obstante, la estimación de las temperaturas de fondo, constituye una tarea geoquímica fundamental que ayuda a estimar el potencial geoenérgico disponible y la factibilidad de explotar sus recursos para la generación de energía eléctrica. Esta estimación de temperaturas se realiza mediante el uso de geotermómetros que emplean la composición química o isotópica de los fluidos que emergen en manantiales hidrotermales de acuerdo a lo descrito por Arnórsson *et al.*, (2006) quienes realizaron dichas estimaciones. Los geotermómetros de Na/K proporcionan temperaturas más confiables y consistentes en estudios de exploración y explotación [Verma *et al.*, (2006)]. De hecho, este comportamiento estable del geotermómetro ha motivado que sus ecuaciones sean, hoy en día, las más usadas en la industria geotérmica mundial [Díaz *et al.*, (2008)].

D'Amore *et al.*, (1994) estimaron la temperatura de reservorio de 13 sistemas hidrotermales en el área

geotérmica de El Pilar-Casanay, utilizando geotermómetros de Na/K, obteniendo valores entre 59 y 364°C.

Por otra parte, la composición química del agua, junto con la abundancia de los isótopos estables del agua, deuterio (2H) y oxígeno-18 (18O) proporcionan valiosa información sobre el origen y, los procesos hidrológicos y geoquímicos característicos de los sistemas geotérmicos (Plata, 2000).

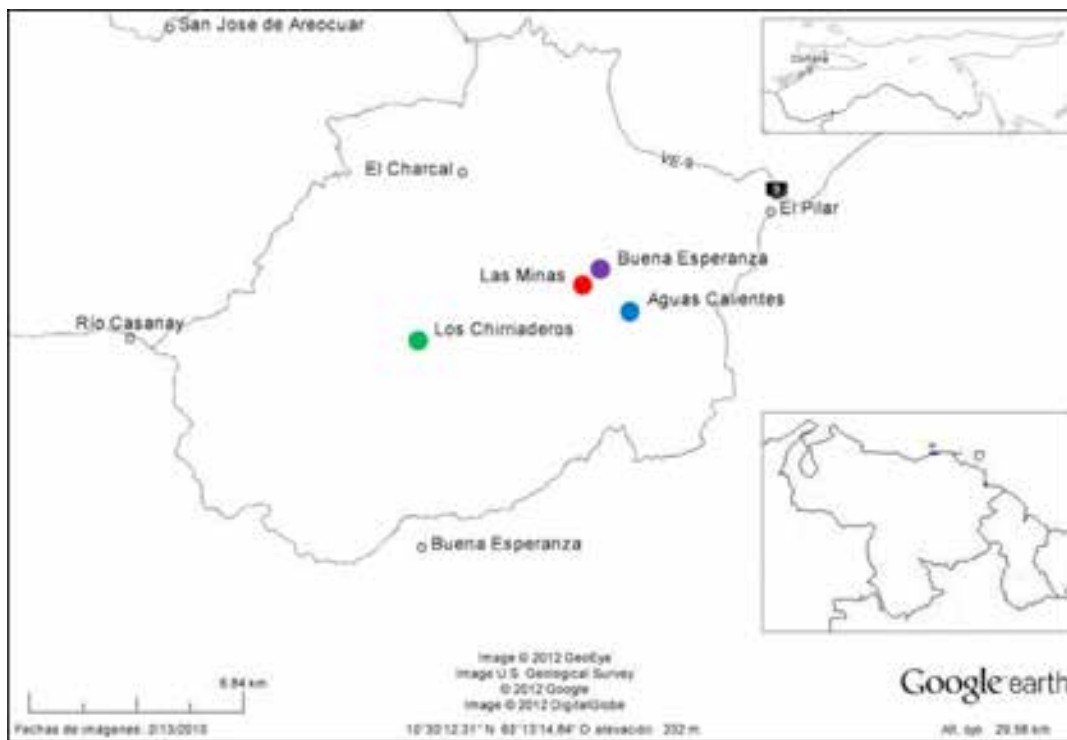
En esta investigación se evaluará la composición química del agua que emerge de 20 manifestaciones hidrotermales, para determinar el tipo de aguas y estimar las temperaturas de los reservorios mediante el uso de geotermómetros químicos de Na/K. Igualmente, para tener una idea del origen de las aguas, se midieron las relaciones isotópicas de los isótopos naturales estables oxígeno-18 y deuterio.

Materiales y Métodos

Área de estudio y posición geográfica

Las zonas en estudio se muestran en la Figura 1 (Aguas Calientes, Buena Esperanza, Las Minas, Los Chirriaderos). Para el registro de la localización geográfica de estas zonas se utilizó un sistema de posicionamiento global (GPS) marca Magellan modelo Explorist 100.

Figura 1. Zonas en estudio



Parámetros físicoquímicos

Conductividad, Sólidos Totales Disueltos (STD) y Temperatura

Se midieron utilizando un conductímetro digital de campo, marca HACH Sension 5. Este equipo tiene un dispositivo para medir temperatura con una precisión de $\pm 0,1$ °C.

pH

Se midió empleando un multímetro portátil marca WTW modelo Multi350i con una apreciación de $\pm 0,01$ unidades de pH. Posteriormente, se midió en el laboratorio con un pHmetro marca Denver Instrument,

modelo Ultra Basic marca Denver Instrument, con una apreciación de $\pm 0,01$ unidades de pH.

Toma de la muestra

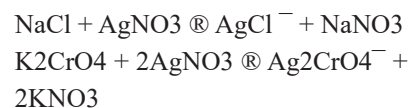
Se realizó en el sitio de emergencia de cada una de las fuentes termales, en envases de polietileno, curados previamente con la misma agua. Luego, se mantuvieron a una temperatura de aproximadamente 4°C, hasta su procesamiento analítico.

Análisis en el laboratorio

Determinación de cloruro (Cl-) mediante el método de Mohr.

La muestra, a un pH neutro o ligeramente alcalino, se tituló con

nitrito de plata (AgNO_3), usando como indicador cromato de potasio (K_2CrO_4). Este método se fundamenta en las Ecuaciones 1 y 2.



Determinación de carbonato (CO_3^{2-}) y bicarbonato (HCO_3^-) por titulación

Se determinó por titulación de la muestra con una solución valorada de HCl, mediante dos puntos sucesivos de equivalencia, indicados por medio del cambio de color de dos indicadores adecuados, según las Ecuaciones 3 y 4.

$H^+ + CO_3^{2-} \rightarrow HCO_3^-$ (Fenolftaleína)

$H^+ + HCO_3^- \rightarrow H_2CO_3$ (Naranja de metilo)

Determinación de sulfato (SO₄²⁻) por turbidimetría

El ión sulfato se precipitó en medio ácido con cloruro de bario (Ecuación 5) de modo que se formaron cristales de Sulfato de Bario (BaSO₄) de tamaño uniforme. Se midió la absorbancia luminosa de la suspensión de BaSO₄ con un espectrofotocolorímetro a 420 nm, y se determinó la concentración de

SO₄²⁻ por comparación de la lectura con una curva de calibración.

$SO_4^{2-} + Ba^{2+} \rightarrow BaSO_4$

Determinación de metales por espectrofotometría

Para realizar el análisis de metales se utilizó un espectrofotómetro de absorción atómica, marca Perkin Elmer, modelo 3100 y un fotómetro de llama, marca Eppendorf. Se elaboraron patrones a distintas concentraciones de cada uno de los metales a analizar, con los cuales se trazaron curvas de calibración a las longitudes de onda correspondientes.

Determinación de los isótopos estables deuterio (2H) y oxígeno-18 (18O)

Se utilizó un espectrómetro láser modelo DLT-100. El espectrómetro láser, se calibra automáticamente con los estándares del V-SMOW, proporcionados por la Organización Internacional de Energía Atómica (OIEA).

Cálculo de los geotermómetros químicos de Na y K

El cálculo se realizó empleando las ecuaciones mostradas a continuación:

$$T(^{\circ}C) = \frac{856}{\log\left(\frac{Na}{K}\right) + 0,857} - 273,15 \quad T(^{\circ}C) = \frac{833}{\log\left(\frac{Na}{K}\right) + 0,780}$$

(I) (Truesdell, 1976)

$$T(^{\circ}C) = \frac{1217}{\log\left(\frac{Na}{K}\right) + 1,438} - 273,15 \quad T(^{\circ}C) = \frac{933}{\log\left(\frac{Na}{K}\right) + 0,993} - 273,15$$

(III) (Fournier, 1981)

$$T(^{\circ}C) = \frac{1319}{\log\left(\frac{Na}{K}\right) + 1,699} - 273,15 \quad T(^{\circ}C) = \frac{1178}{\log\left(\frac{Na}{K}\right) + 1,470} - 273,15$$

(IV) (Arnorsson, 1983)
(25-250°C)

(V) (Arnorsson, 1983) (250-350°C)

$$T(^{\circ}C) = \frac{1390}{\log\left(\frac{Na}{K}\right) + 1,750} - 273,15 \quad T(^{\circ}C) = \frac{883}{\log\left(\frac{Na}{K}\right) + 0,908} - 273,15$$

(VII) (Giggenbach, 1988)

$$T(^{\circ}C) = 1273,2 \left[\tanh \left(-0,4144 \log\left(\frac{Na}{K}\right) - 0,5642 \right) \right] + 11 \quad T(^{\circ}C) = \frac{883}{\log\left(\frac{Na}{K}\right) + 0,894} - 273,15$$

(IX) (Díaz, 2008b)

(VIII) (Díaz, 2008a)

$$T(^{\circ}C) = \frac{883}{\log\left(\frac{Na}{K}\right) + 0,894} - 273,15$$

(X) (Díaz, 2008c)

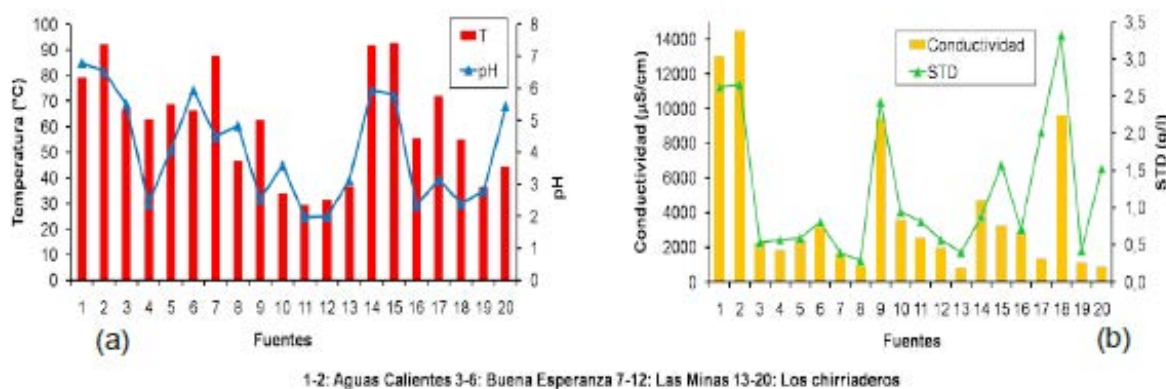
Resultados y Discusión

En la Figura 2a se observa que las temperaturas de las aguas estuvieron comprendidas entre 29,5 (Fuente 11) y 92,7°C (Fuente 15), considerando que, en la zona se encuentran fuentes con características hipotermas (<35°C), mesotermas (35-37°C) e hipotermas (>37°C).

Además, los valores de pH oscilaron desde ácido (2,0) hasta la neutralidad (6,8). Las altas temperaturas de las aguas hacen presumir que tienen una vía rápida para ascender a la superficie. Sin embargo, en el ascenso la temperatura puede disminuir por interacciones con acuíferos subterráneos cercanos a la superficie, o que la geología del terreno obligue al agua

subterránea a hacer recorridos muy prolongados desde el acuífero antes de emerger. Por otro lado, la Figura 2b muestra que los valores de conductividad (785-14455 µS/cm) y de sólidos totales disueltos (0,29-2,65 g/l), las identifican como aguas con una apreciable mineralización y un alto contenidos de sales disueltas.

Figura 2. Parámetros fisicoquímicos de las fuentes de aguas termales. 1-2: Aguas Calientes 3-6: Buena Esperanza 7-12: Las Minas 13-20: Los chirriaderos



En la Figura 3a se observa que entre los cationes mayoritarios predomina la presencia de Na⁺ (hasta 866 mg/l, Fuente 11), seguido por K⁺, Ca²⁺ y Mg²⁺. Por otra parte, en la Figura 3b se observa que entre los aniones mayoritarios predomi-

na la presencia de Cl⁻ (hasta 1602 mg/l, Fuente 2), seguido por SO₄²⁻ y HCO₃⁻. La secuencia predominante entre los cationes fue Na⁺>K⁺>Ca²⁺>Mg²⁺ y entre los aniones fue Cl⁻>SO₄²⁻>HCO₃⁻. El alto contenido de estas especies mayoritarias,

puede ser debido a que las aguas que emergen desde su origen, con temperaturas muy altas, multiplican su poder de disolución y disociación de sales y minerales.

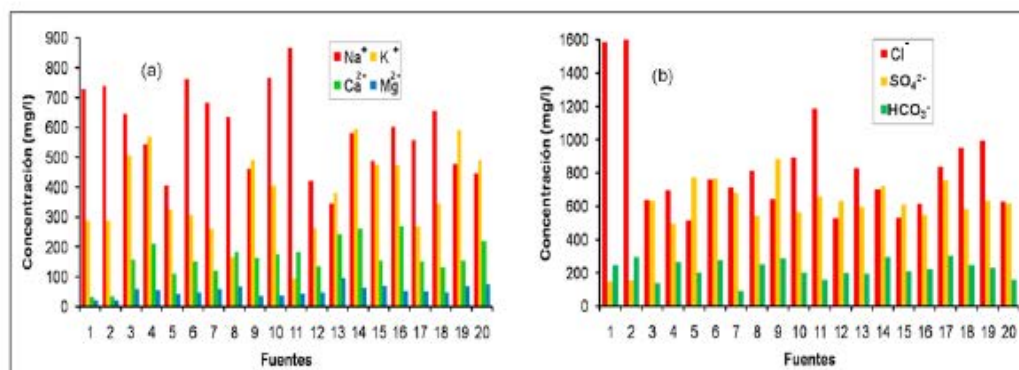
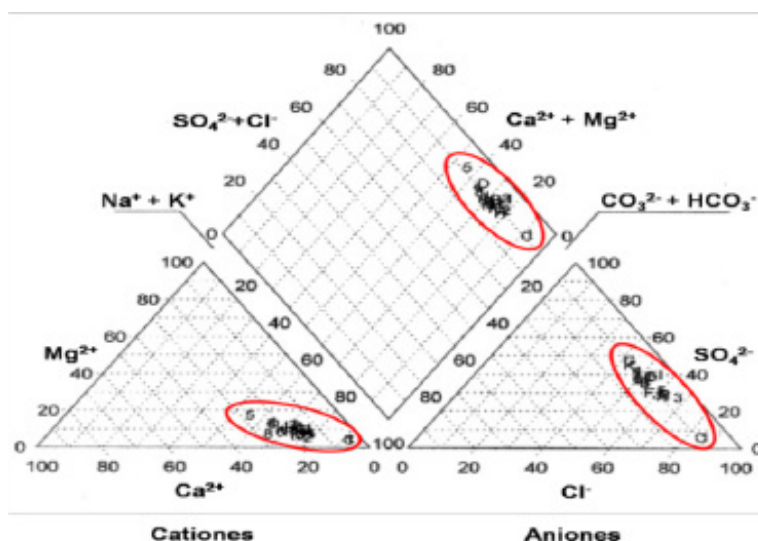


Figura 4. Diagrama de Piper



Mediante el diagrama de Piper (Figura 4) se determinaron las familias de las aguas que predominan en el área de estudio, de acuerdo con el contenido iónico de los iones mayoritarios. Por consiguiente, la clasi-

ficación predominante de las aguas termales estudiadas es clorurada -sódica, por lo tanto, corresponden a un régimen profundo muy cercano a la fuente de calor.

En la Figura 5 se observa que la concentración de iones minoritarios y trazas, en su mayoría, están por debajo de 1 mg/l, lo que puede estar indicando el origen natural de estas especies.

Figura 5. Concentración de iones minoritarios y trazas en las fuentes de aguas termales. 1-2: Aguas Calientes 3-6: Buena Esperanza 7-12: Las Minas 13-20: Los chirriaderos

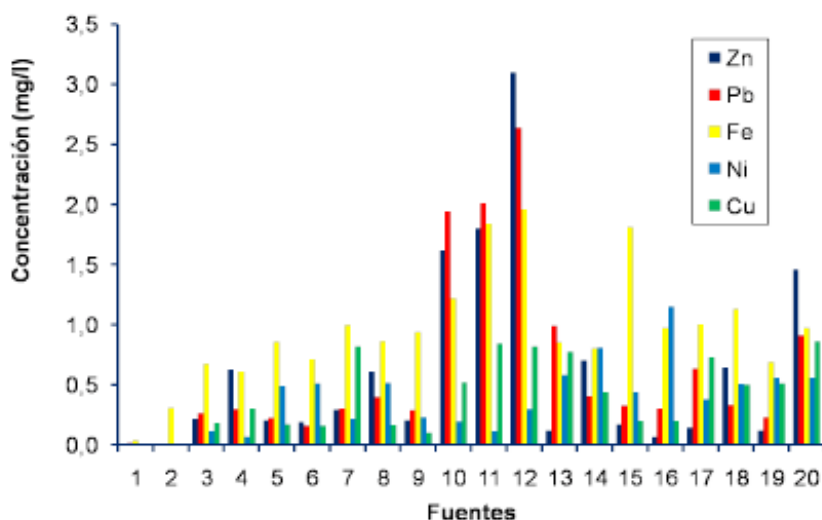
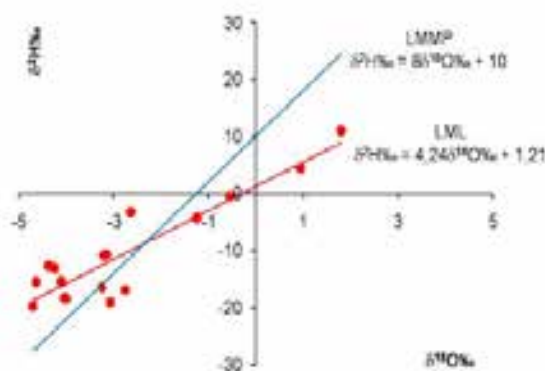


Figura 6. Relación isotópica ^{18}O y ^2H

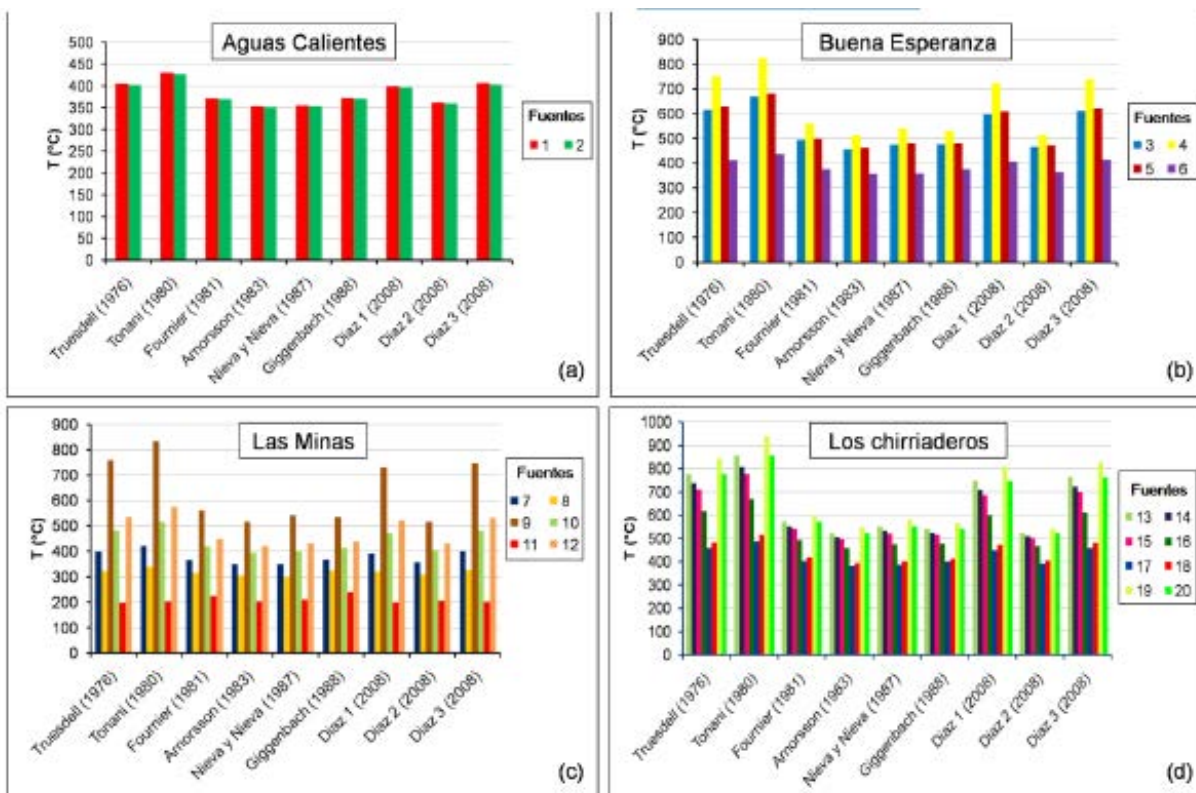


En la Figura 6 se observa que la Línea Meteorica Local (LML) presenta una pendiente menor con respecto a la Línea Meteorica Mundial de las Precipitaciones (LMMP),

y esto hace que la variación de las aguas se incline hacia variaciones debidas al proceso de evaporación. La evaporación favorece la presencia de isotopos pesados, que prevalecen

en el acuífero y pueden provenir de lluvias recientes o de cualquier fenómeno atmosférico natural.

Figura 7. Temperaturas estimadas de los reservorios empleando geotermómetros Na/K



En la Figura 7 se observa que las temperaturas estimadas con diferentes geotermómetros de Na/K (proveen temperaturas más confiables y consistentes), oscilaron entre 197°C (Fuente 11) y 937°C (Fuente 19). Además, en la gran mayoría de las fuentes se estiman temperaturas por encima de los 300°C. Esto indica, que el área de estudio puede ser prometedora para la recuperación de los recursos geotérmicos, para la producción de electricidad, para procesos de secado en actividades agrícolas, fines turísticos y medicinales, entre otras actividades donde se necesite una fuente de calor.

Conclusiones

El municipio Benítez presenta un gran número de fuentes de aguas termales superficiales con un índice variable de temperatura e igualmente una gran riqueza en sales y minerales disueltos. Son clasificadas como cloruradas sódicas. La presencia de los isótopos estables oxígeno-18 (^{18}O) y deuterio (^2H), muestran que son aguas debidas a evaporación. Las aguas estudiadas potencialmente pueden ser usadas como fuentes de energía eléctrica, además de fines recreativos y de esparcimiento que promuevan el desarrollo económico

y social de los sectores donde emergen.

Agradecimiento

Al Departamento de Química de la Universidad de Oriente–Núcleo de Sucre y al Centro Interamericano de Desarrollo e Investigación Ambiental y Territorial (CIDIAT).

Referencias Bibliográficas

Arnórsson, S. (2000). Isotopic and chemical techniques in geothermal exploration, development and use. IAEA.

- Arnórsson, S.; Bjarnason, J.Ö.; Giroud, N.; Gunnarsson, I.; Stefánsson, A. (2006). Sampling and analysis of geothermal fluids: *Geofluids*. 6(3): 203- 216.
- Benítez, J. (2007). Análisis fisicoquímico de algunas fuentes de aguas termales de las zonas de El Pilar y Tunapuy del estado Sucre Trabajo para ascender a la categoría de Profesor Asistente. Departamento de Química. Universidad de Oriente, Cumaná.
- D'Amore, F.; Gianelli, G.; Corazza, E. (1994). The geothermal area of El Pilar-Casanay, state Sucre, Venezuela. *Geochemical exploration and model*. *Geothermics*. 23(3): 283-304.
- Díaz, O. (1971). Análisis químico y físico de las aguas termales del estado Sucre. Trabajo de Ascenso, Departamento de Química, Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela. 100 p.
- Díaz-González, L.; Santoyo, E.; Reyes-Reyes, J. (2008). Tres nuevos geotermómetros mejorados de Na/K usando herramientas computacionales y geoquimiométricas: aplicación a la predicción de temperaturas de sistemas geotérmicos. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*. 25(3): 465-482.
- Mook, W. (2002). Isótopos ambientales en el ciclo hidrológico, principios y aplicaciones. Instituto Geológico y Minero de España. Serie: Guías y manuales Nº 1. Madrid, España. 558 pp.
- Plata, A. (2000). Hidrología isotópica e hidroquímica del acuífero cuaternario de la Vega de Granada. Ingeniería Civil. CEDEX. Centro de Estudios de Técnicas Aplicadas. Nº 120.
- Price, M. (2003). Agua subterránea. Editorial Limusa. Primera Edición. México. 330 p.
- Urbani, F. (1985). Evaluación preliminar de los recursos geotérmicos del estado Sucre. Memorias VI Congreso Geológico Venezolano. Tomo VII. Departamento de Geología, Universidad Central de Venezuela. Caracas. Ediciones del C.D.I.G.N. 4319-4359.
- Urbani, F. (1991). Geotermia en Venezuela. Ed. GEOS. UCV, Caracas. 31: 1-347.
- Verma, S. P.; Pandarinath, K.; Santoyo, E.; González-Partida, E.; Torres- Alvarado, I.S.; Tello-Hinojosa, E.; (2006). Fluid chemistry and temperature prior to exploitation at the Las Tres Vírgenes geothermal field, Mexico. *Geothermics*. 35(2):156-180.

Estudio químico preliminar de los polisacáridos del alga *gracilariopsis hommersandii* (rhodophyta)

Canelón Dilsia
Escuela de Bioanálisi
Universidad Central de Venezuela
dilsia.canelon@ucv.ve
Venezuela

Compagnone Reinaldo
Escuela de Química. Facultad de
Ciencias
Universidad Central de Venezuela
dilsia.canelon@ucv.ve
Venezuela

Ciancia Marina
Departamento de Biología Aplicada y Alimentos
Departamento de Química Orgánica
Universidad de Buenos Aires
dilsia.canelon@ucv.ve
Argentina- Buenos Aires

Matulewicz María
Departamento de Química Orgánica
Universidad de Buenos Aires
dilsia.canelon@ucv.ve
Argentina- Buenos Aires

Fecha de recepción: 13-04-2014 Fecha de aceptación: 12-03-2014

Resumen

Los organismos marinos son una fuente importante de sustancia de gran interés, siendo las algas marinas productoras de grandes cantidades de polisacáridos de diferentes tipos. Las algas son consideradas un recurso renovable de utilidad, dado que, entre otros componentes, los polisacáridos sulfatados poseen actividad biológica como es la actividad antiviral, antitumoral, anticoagulante, entre muchas otras, además de poseer múltiples aplicaciones industriales. Esta investigación tiene como objetivo presentar los resultados del análisis químico preliminar de los polisacáridos solubles en agua presentes en la pared celular del alga marina *Gracilariopsis hommersandii* (Gracilariales) Rhodophyta. Se sabe que

la mayoría de algas rojas producen galactanos con diferentes grados de sulfatación. Las del orden Gracilariales biosintetizan agaranos, familia de polisacáridos a los que pertenece, entre otros, el agar-agar (constituido principalmente por agarosa). El material algal seco se extrajo con metanol y el residuo de la extracción metanólica se extrajo dos veces, con agua a temperatura ambiente, y una vez, con agua caliente. Se determinó que el extracto en caliente fue el más importante, siendo éste el más interesante desde el punto de vista de posibles aplicaciones industriales de estas algas; sin embargo, el interés de los extractos obtenidos a temperatura ambiente podría provenir de una actividad biológica importante, que puede ser diferente que la del producto principal. Se realizó la deter-

minación cuantitativa de hidratos de carbono totales, mediante el método colorimétrico de fenol-ácido sulfúrico sin realizar hidrólisis previa del polisacárido y empleando galactosa como estándar a cada uno de los extractos. También, se realizó la determinación de sulfato, el cual se hizo empleando el método turbidimétrico. Los resultados mostraron que los extractos están compuestos por hidratos de carbono entre un 52-71%, el contenido de sulfato fue del 11-16%, y el de proteínas 2-5%. Se espera continuar el estudio realizando la caracterización química y espectroscópica de estos polisacáridos.

Palabras clave: Algas marinas; polisacáridos; *Gracilariopsis hommersandii*; Rhodophyta

Chemical preliminary study of the polisácaridos del alga *gracilariopsis hommersandii* (rhodophyta)

Abstract

Marine organisms are an important source of substance of great interest, with marine algae producing large amounts of polysaccharides of different types. Algae are considered a useful renewable resource, given that, among other components, sulphated polysaccharides possess biological activity such as antiviral, antitumor, anticoagulant activity, among many others, in addition to having multiple industrial applications. This research aims to present the results of the preliminary chemical analysis of the water soluble polysaccharides present in the cell wall of the seaweed *Gracilariopsis hommersandii* (Gracilariales) Rhodophyta. It is known that most red

algae produce galactans with different degrees of sulphation. Those of the order Gracilariales biosintetizan agaranos, family of polysaccharides to which it belongs, among others, agar-agar (constituted mainly by agarose). The dry algal material was extracted with methanol and the residue from the methanolic extraction was extracted twice, with water at room temperature, and once, with hot water. It was determined that the hot extract was the most important, being the most interesting from the point of view of possible industrial applications of these algae; however, the interest of the extracts obtained at room temperature could come from an important biological activity, which may be different from that of the main product. The quantitative

determination of total carbohydrates was carried out by means of the colorimetric method of phenol-sulfuric acid without prior hydrolysis of the polysaccharide and using galactose as standard for each of the extracts. Also, the determination of sulphate was carried out, which was done using the turbidimetric method. The results showed that the extracts are composed of carbohydrates between 52-71%, the sulfate content was 11-16%, and that of proteins 2-5%. The study is expected to continue with the chemical and spectroscopic characterization of these polysaccharides.

Key words: Marine algae; polysaccharides; *gracilariopsis hommersandii*; rhodophyta

Introducción

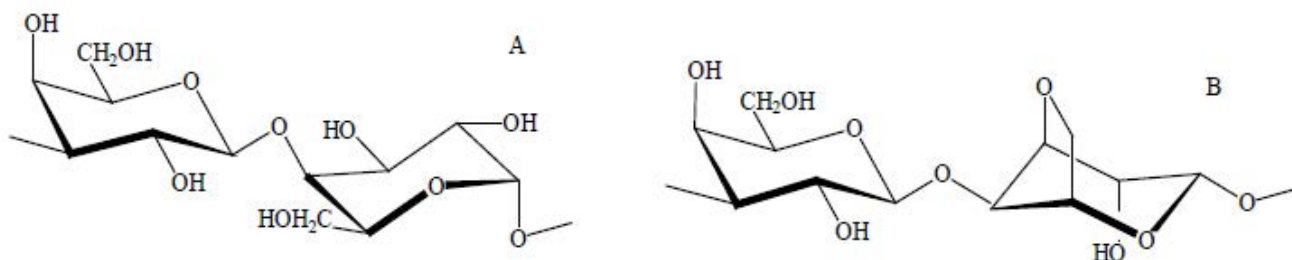
Las algas marinas son organismos autótrofos, de hábitat acuático, tanto de agua dulce como ambientes marinos, incluso pueden desarrollarse en terrenos húmedos o sobre cortezas de árboles. Las algas, a pesar de no disponer de un sistema vascular ni desarrollan embrión, poseen clorofila, por lo que son fotosintéticas y están clasificadas taxonómicamente dentro del reino protista (Lindorf, 2006). Son organismos sésiles con una exitosa adaptación evolutiva que involucran estrategias de sobrevivencia y comportamiento físico y químico. Las algas se clasifican en: Cyanobacteria, Phaeophyta, Chlorophyta y Rhodophyta (Amsler, 2008). La clase Rhodophyta, cuyos organismos se conocen comúnmente como algas rojas comprende especies eucarióticas las cuales surgieron como resultado de un proceso

endosimbiótico primario. Actualmente, existen aproximadamente unas 6000 especies de estas algas, las cuales se agrupan únicamente en esta clase (Graham, 2000). Estas algas se encuentran abundantemente distribuidas en todos los mares del mundo y tienen gran interés comercial y ecológico; por consiguiente, se han desarrollado diversos métodos de cultivo para su explotación y se han realizado investigaciones para su aplicación en áreas tan diferentes como alimentación, medicina, ficológica, entre muchas otras.

Las algas rojas difieren de otras algas y de las plantas superiores, en cuanto a la organización y composición de las paredes celulares, las cuales constituyen un 30 a 50% del peso seco del alga, muchas veces aún más. La pared celular está formada principalmente por polisacáridos, además presenta proteoglicanos, lípidos,

proteínas y elementos inorgánicos asociados (Craigie, 1990). Estos polisacáridos pueden separarse en dos grupos principales: a) aquellos que constituyen la matriz fibrilar, principalmente celulosa, y b) los que constituyen una fase amorfa, que en este tipo de algas son los principales en cuanto a su rendimiento. Este segundo grupo está formado principalmente por galactanos, posiblemente en el caso de *Gracilariopsis* del grupo de los agaranos. Estos polisacáridos forman cadenas lineales de unidades alternantes de b-D-galactopiranososa enlazada por la posición 3 y (3,6-anhidro)-a-L-galactosa enlazada por C-4, los diferentes hidroxilos de estas unidades pueden estar sulfatados (Figura 1). Estos últimos son los polisacáridos que se espera encontrar en los extractos acuosos de *G. hommersandii*, en base a su clasificación taxonómica, aunque se desconocen los posibles detalles de su estructura.

Figura 1. Unidades disacáridicas repetitivas presentes en las cadenas de agaranos.
A. Agarano no ciclizado. B. Agarosa.



Anualmente, entre 7,5 a 8 millones de toneladas de algas marinas secas son utilizadas en las diversas industrias, que sirven de sustento en el consumo de productos comestibles para los humanos, en especial en países de oriente como Japón, Corea y China, que son los mayores consumidores y grandes productores de algas y productos derivados de las mismas (McHugh, 2003). Los polisacáridos, entre ellos, los galactanos sulfatados, son de gran utilidad, ya que son utilizados como agentes viscosantes, gelificantes, y estabilizantes. En la industria de alimentos, se utilizan en productos lácteos, mermeladas, helados, comidas dietéticas, entre otros. En la industria cosmética como espesantes de champús, cremas corporales, texturizante de pastas dentales y en la industria farmacéutica como agentes antivirales, microbiciida, antioxidante y muchas otras [Bixler y Porse (2011); Ngo y Kim (2013); Stengel et al., (2011)]. En esta investigación, se realizó un análisis químico preliminar de los polisacáridos presentes en la pared celular del alga marina *Gracilariopsis hommersandii* (Gracilariales) Rhodophyta colectada en Venezuela.

Las especies de *Gracilariopsis* están caracterizadas por presentar frondas delgadas, elongadas y cilíndricas con grados diversos de ramificación. Actualmente, se conocen dieciséis especies a nivel mundial, de las cuales sólo pocas han sido descritas para el Océano Atlántico y el Mar

Caribe, en Venezuela la especie *G. hommersandii* se encuentra en el estado Falcón y en el Archipiélago Los Roques [Gurgel et al., (2003)].

Materiales y Métodos

El material algal fue colectado en el estado Falcón, de manera manual a 1m de profundidad, luego de la colección, ésta fue congelada, liofilizada, molida y sometida a 3 extracciones sucesivas, con metanol por 72 horas, a temperatura ambiente. El residuo de la extracción metanólica fue secado, hasta peso constante, y se extrajo dos veces con agua a temperatura ambiente, 20 g/100 mL por 48 horas; y una vez con agua caliente, 20 g/100 mL por 36 horas. Se centrifugó, se separó el sobrenadante y los productos se recuperaron por diálisis y liofilización, obteniéndose los polisacáridos. A cada uno de los extractos obtenidos a temperatura ambiente y en caliente, se realizó la determinación cuantitativa del contenido de hidratos de carbono totales, mediante el método colorimétrico de fenol-ácido sulfúrico propuesto por [Dubois et al., (1956)], sin realizar hidrólisis previa del polisacárido y empleando galactosa como estándar. También, se realizó la determinación de sulfato, el cual se hizo empleando el método turbidimétrico (Dodgson y Prince, 1962). La determinación cuantitativa de proteínas totales se realizó a través de la técnica de [Lowry et al., (1951)].

Resultados y Discusión

En la Tabla 1 se muestra el rendimiento, así como el análisis preliminar de los extractos del alga marina *Gracilariopsis hommersandii*. GhA1, GhA2 y GhC1, representa los extractos obtenidos en una primera extracción a temperatura ambiente, la segunda extracción a temperatura ambiente y una vez con agua caliente, respectivamente. El producto principal fue GhC1, cuya obtención se vio sumamente complicada por su comportamiento reológico, ya que en cuanto la solución comienza a enfriarse da lugar a la formación de un gel. Este hecho es de gran interés, ya que indica su potencial aplicación como aditivo en diversas industrias.

A cada uno de los extractos se le realizó la determinación cuantitativa de hidratos de carbono totales (HDC), mediante el método colorimétrico de fenol-ácido sulfúrico. La determinación de sulfato, se hizo empleando el método turbidimétrico, que implica una hidrólisis y la formación de una suspensión de cloruro de bario en el medio de reacción, y la determinación cuantitativa de proteínas totales se realizó a través de la técnica de Lowry et al., (1951). Los resultados mostraron que los extractos están compuestos por hidratos de carbono entre un 52-71%, el contenido de sulfato fue del 11-16% y el de proteínas del 2-5%.

Tabla 1. Rendimiento y análisis de los extractos obtenidos de *Gracilariopsis hommersandii*

Extracto	Rend ¹ %	HDC %	Sulfato SO ₃ Na %	Proteínas %
Gh A1	1.9	71.3	11.5	3.6
Gh A2	0.6	52.7	12.5	2.5
Gh C1	>45	51.0	16.0	4.6

¹ Los porcentajes se expresan por 100 g del residuo del extracto metanólico

Conclusiones

Con el método de extracción empleado se logró la obtención de tres extractos, de ellos, el obtenido con agua caliente fue el principal en cuanto a rendimiento. Todos ellos están constituidos principalmente por polisacáridos con cantidades significativas de sulfato, aunque parecen presentar una mínima contaminación con proteínas. Llama la atención que el extracto en caliente, que en principio debería estar compuesto principalmente por agarosa, polisacárido neutro, muestre un grado de sulfatación tan elevado, que implica aproximadamente que cada 100 unidades de azúcar hay 70 grupos sulfato. Se espera continuar el estudio químico de los polisacáridos del alga *Gracilariopsis hommersandii* en cuanto a la composición de los monosacáridos y posterior análisis enantiomérico de galactosa y 3,6-anhidrogallactosa. Además, del estudio estructural por análisis por metilación y de resonancia magnética nuclear de ¹H y de ¹³C, así como por técnicas bidimensionales. Así será posible confirmar si estos productos son agaranos y se determinarán los detalles de su estructura.

Agradecimiento

Los autores agradecen al FONACIT ente adscrito al Ministerio del Poder Popular para Ciencia, Tecnología e Innovación por el financiamiento del Proyecto 2012000830.

Referencias Bibliográficas

- Amsler, C. D. (2008). Algal Chemical Ecology. Springer, Birmingham.
- Bixler, H. J.; Porse, H. (2011). A decade of change in the seaweed hydrocolloids industry. J. Appl Phycol. 23 (3): 321- 335.
- Craigie, J. S. (1990). Biology of red algae. Cambridge University Press, New York.
- Dodgson, K. S.; Price, R.G. (1962). A note on the determination of the ester sulphate content of sulphate polysaccharides. Biochem J. 84: 106- 110.
- Dubois, M.; Gilles, K.A.; Hamilton, J.K.; P.A. Rebers, P.A; Smith, F. (1956). Colorimetric method of

determination of sugars and related substance. Anal. Chem. 28: 350-356.

Graham, L.; Wilcox, L.W. (2000). Algae. Prentice Hall, New Jersey.

Gurgel, C.D.F.; Fredericq, S.; Norris, J.N. (2003). *Gracilariopsis silvana* sp. nov., *G. hommersandii* sp. nov., and *G. cata-luziana* sp. nov., three new species of Gracilariaceae (Gracilariales, Rhodophyta) from the western Atlantic. Hidrobiológica. 13 (1): 57-68.

Lindorf, H. (2006). Botánica. 2da edición. Ediciones de la Universidad Central de Venezuela. Caracas.

Lowry, H.O.; Rosenbrought, A.; Farr, L.; Randall, R.J. (1951). Protein measurements with the Folin phenol reagent. J. Biol. Chem. 193: 265-275.

McHugh, D. J. (2003). A guide to the seaweed industry. FAO, Roma.

Ngo, D-H.; Kim, S-K. (2013). Sulfated polysaccharides as bioactive

agensts from marine algae. Int. J.
Biol. Macromol. 62:70-75.

Stengel, D.B.; Connan, S.; Popper,
Z.A. (2011). Algal chemodiver-
sity and bioactivity: Sources of
natural variability and implica-
tions for commercial application.
Biotechnol. Adv. 29 (5): 483-501.

Sensibilidad de la *lemna obscura* a la presencia de fenoles e hidrocarburos livianos

Cárdenas Carmen

Ochoa Danny

Labrador Mirian

Yabroudi Suher

Araujo Ismenia

Angulo Nancy

Flores Paola

Centro de Investigación del Agua

Facultad de Ingeniería

Universidad del Zulia

chcarden@gmail.com

Venezuela-Zulia

Fecha de recepción: 19-03-2014 Fecha de aceptación: 26-02-2014

Resumen

El objetivo de este estudio fue relacionar los derrames petroleros con la superfloración de *Lemna obscura* en el Lago. Se realizaron seis ensayos, durante diez días; cada uno, usando recipientes de vidrio de 25cm x 15cm x 15cm, con agua del Lago de Maracaibo con 50 plantas de *Lemna* de dos frondes cada una y fotoperíodo 12:12 horas, para cultivar *Lemna obscura* en 5 concentraciones de fenol (0,25 a 2,5mg/l) y 5 de hidrocarburo liviano (30 a 45mg/l). Durante

cada ensayo se midió diariamente los parámetros: pH, conductividad, oxígeno disuelto, DQO, turbidez. En los días 1, 5 y 10 se midió fósforo, nitrógeno total, hidrocarburos y fenoles. El patrón de crecimiento fue exponencial. La tasa de crecimiento más alta (0,2041 frondes/d-1) y el menor tiempo de duplicación (3,4días) se obtuvo en los ensayos con fenol, la menor tasa (0,1151 frondes/d-1) y el mayor tiempo (6 días) en los ensayos con hidrocarburo liviano. El mayor consumo de fósforo (72%) y NTK (85%) y remoción de materia orgánica

ca DQO (20%) se obtuvo con fenol. La planta absorbió mayor cantidad de hidrocarburos livianos y a medida que se incrementó su concentración, la inhibición del crecimiento de las plantas fue mayor que con el fenol. Con este estudio se puede inferir que los derrames de crudo ocurridos en el Lago de Maracaibo no son un factor activador para estimular el crecimiento de *Lemna obscura*.

Palabras clave: *Lemna obscura*; Lago de Maracaibo; nutrientes; hidrocarburos; factor de crecimiento

Sensitivity of the *lemna obscura* to the presence of phenols and hydrocarbons light

Abstract

The objective of this study was to relate the oil spills with the overflow of *Lemna obscura* in the Lake. Six trials were conducted, for ten days; each, using glass containers of 25cm x 15cm x 15cm, with water from Lake Maracaibo with 50 *Lemna* plants of two fronds each and photoperiod 12:12 hours, to grow *Lemna obscura* in 5 concentrations of phenol (0.25) to 2.5mg / l) and 5 of light hydrocarbon (30 to 45mg / l). During each test the parameters were mea-

sured daily: pH, conductivity, dissolved oxygen, COD, turbidity. On days 1,5 and 10, phosphorus, total nitrogen, hydrocarbons and phenols were measured. The growth pattern was exponential. The highest growth rate (0.2041 fronds / d-1) and the lowest doubling time (3.4 days) were obtained in the phenol trials, the lowest rate (0.1151 fronds / d-1) and the longest time (6 days) in the trials with light hydrocarbon. The highest consumption of phosphorus (72%) and NTK (85%) and removal of organic matter COD (20%) was obtained

with phenol. The plant absorbed more light hydrocarbons and as its concentration increased, the inhibition of plant growth was greater than with phenol. With this study it can be inferred that the oil spills that occurred in Lake Maracaibo are not activating factor to stimulate the growth of *Lemna obscura*.

Keywords: Dark motto; Lake Maracaibo; nutrients; hydrocarbons; growth factor

Introducción

Las Lemnáceas son plantas acuáticas vasculares monocotiledóneas, capaces de cubrir extensas áreas en cuerpos de agua eutróficos. Durante los primeros meses del año 2004, se observó, por primera vez, un crecimiento masivo de *Lemna obscura* identificada como *Lemna obscura* [Medina *et al.*, 2006], en las zonas del sur y centro del Lago de Maracaibo, que logró cubrir hasta cerca del 20% del espejo lacustre y en las áreas litorales se formaron capas de hasta 20 cm. de espesor, bloqueando la transferencia de oxígeno de la atmósfera al agua, trayendo como consecuencia malos olores, afectación de las actividades productivas: pesca, actividad petrolera, generación de energía eléctrica, actividades de recreación; disminuyendo el valor paisajístico y estético y causando problemas de salud indirectos, ocasionando la proliferación de nichos de mosquitos y moscas, capaces de originar afecciones como diarreas y vómitos. Las lluvias generan un incremento de los caudales de los ríos que alteraron la hidrodinámica del centro de la masa de agua del saco del Lago, produciendo la ruptura de la estratificación (cono hipolimnético) existente en esa zona, lo que conduce a la liberación interna de nutrientes, especialmente de los compuestos nitrogenados, los cuales al disponer de oxígeno, producto de la ruptura de la estratificación logran transformarse

de las formas amoniacales a nitratos por un proceso de desnitrificación. Por otra parte una de las más importantes fuentes de contaminación en el Lago de Maracaibo es la actividad petrolera; específicamente los derrames de petróleo, los cuales causan daños al ecosistema [Herrera *et al.*, (2004); Landolt (1986); Ramírez (2004)].

La *Lemna obscura* es una planta vascular acuática flotante, conocida como “lenteja de agua”. Su tamaño aproximado es de unos 0,5 cm. Tiene una estructura modificada llamada “fronde”, que es una especie de fusión entre el tallo y las hojas (Barboza, 1991). De cada fronde pueden producirse, vegetativamente, hasta 5 plantas nuevas. En condiciones óptimas, esta planta puede duplicar su población en apenas tres días. El intervalo óptimo de salinidad en la que se desarrolla la planta es de 0,8 a 4,0 ‰ (González y Gordon, 2004). Otras condiciones que facilitan su reproducción óptima son una temperatura alrededor de 27° C y pH entre 6,5 y 7,5. La planta también requiere de nutrientes tales como el fósforo y nitrógeno en forma de amonio, de aguas cálidas y quietas, a fin de poder reproducirse (Gijzen, 1998). El crecimiento de estas plantas en presencia de nutrientes es extremadamente rápido.

Con esta investigación se pretende relacionar el problema de la

contaminación del lago por derrames petroleros con el problema de la superfloración de *Lemna obscura*, para lo cual se evaluó el efecto de hidrocarburos livianos y el fenol sobre el crecimiento de *Lemna obscura* con el fin de determinar si éstos hidrocarburos representan un factor activador o inhibidor en la cinética de crecimiento de la *Lemna obscura*.

Materiales y Métodos

Condiciones para la realización de los ensayos

Los ensayos que consistieron en cultivar 50 plantas de Lemna de dos frondes, en cada recipiente de vidrio (25 cm x 15 cm x 15 cm), utilizando agua del Lago de Maracaibo. El agua utilizada se preparó con diferentes concentraciones de fenol e hidrocarburo liviano (10%, 25%, 50%, 75% y 100 %), tres controles: agua del lago filtrada sin plantas ni fenol e hidrocarburos (A), agua del lago filtrada con plantas sin fenol e hidrocarburos (AL), agua del lago filtrada sin plantas y con fenol (AF) e hidrocarburos (AH) a la máxima concentración, se utilizaron cinco réplicas para cada condición (Tablas 1 y 2). Se aplicó fotoperíodo de 12:12 horas para la reproducción de la planta, simulando las condiciones ambientales reales. Los ensayos tuvieron una duración de diez días continuos

Tabla 1. Tratamientos con Fenol

Tratamiento	Descripción
A (Control)	Agua del lago de Maracaibo filtrada
AL (Control)	Agua del lago de Maracaibo filtrada con <i>Lemna obscura</i>
AF (Control)	Agua del lago de Maracaibo filtrada con fenol a 2,5 mg/l
ALF _{10%}	Agua del lago de Maracaibo filtrada con <i>Lemna obscura</i> y fenol al 10%
ALF _{25%}	Agua del lago de Maracaibo filtrada con <i>Lemna obscura</i> y fenol al 25%
ALF _{50%}	Agua del lago de Maracaibo filtrada con <i>Lemna obscura</i> y fenol al 50%
ALF _{75%}	Agua del lago de Maracaibo filtrada con <i>Lemna obscura</i> y fenol al 75%
ALF _{100%}	Agua del lago de Maracaibo filtrada con <i>Lemna obscura</i> y fenol al 100%

Según las Normas para la Clasificación y Control de la Calidad de los Cuerpos de Agua y Vertidos o Efluentes Líquidos, Decreto 883, concentración máxima permitida para ser descargada en cuerpos de agua es de 0,5 mg/l para el fenol y 20

mg/l para hidrocarburos, por lo que se utilizó, una concentración un poco mayor a estos valores. Se usó una concentración de fenol de 2,5 mg/l (100 %) y para hidrocarburo de 45,3 \pm 2,5 mg/l (100 %) y se procedió a diluir con agua del lago hasta conse-

guir concentraciones de 10%, 25%, 50%, y 75%, de cada uno, en un volumen total de tres litros en cada pecera, se adicionó 3 ml de nutrientes (NH₄CL 0,5 mg/l; KNO₃ 4,5 mg/l; KH₂PO₄ 4,0 mg/l), necesarios para el desarrollo de las plantas.

Tabla 2. Tratamientos con Hidrocarburo Liviano

Tratamiento	Descripción
A (Control)	Agua del lago de Maracaibo filtrada
AL (Control)	Agua del lago de Maracaibo filtrada con <i>Lemna obscura</i>
AH (Control)	Agua del lago de Maracaibo filtrada con hidrocarburo liviano a 45,3 mg/l
ALH _{10%}	Agua del lago de Maracaibo filtrada con <i>Lemna obscura</i> e hidrocarburo liviano al 10%
ALH _{25%}	Agua del lago de Maracaibo filtrada con <i>Lemna obscura</i> e hidrocarburo liviano al 25%
ALH _{50%}	Agua del lago de Maracaibo filtrada con <i>Lemna obscura</i> e hidrocarburo liviano al 50%
ALH _{75%}	Agua del lago de Maracaibo filtrada con <i>Lemna obscura</i> e hidrocarburo liviano al 75%
ALH _{100%}	Agua del lago de Maracaibo filtrada con <i>Lemna obscura</i> e hidrocarburo liviano al 100%

En cada recipiente se marcó el volumen inicial con la finalidad de observar la evaporación del agua durante la duración del estudio, se agregó agua destilada para mantener el volumen total del recipiente. Diariamente se midió: pH (4500- H+. B Electrodo selectivo), Conductividad (2510-B Electrodo selectivo), Oxígeno Disuelto (Electrodo selectivo), Turbidez (2130.B), DQO (5220-D), N° de plantas y N° de frondes (Observación directa) (APHA, 2005).

Los nutrientes, fenol e hidrocarburo liviano se midieron al inicio (T0), a los 5 (T5) y 10 (T10) días de cada ensayo, mientras que la demanda biológica de oxígeno se determinó al inicio y al final del ensayo. Los métodos utilizados fueron: Fenoles (5530-D Método Colorimétrico), Hidrocarburos (5530-B Método Gravimétrico), Nitrógeno (4500- Norg Método Volumétrico), Fósforo (4500-P.B. E Método Colorimétrico) (APHA, 1999). Al final de cada ensayo se tomó *Lemna obscura* contenida en cada recipiente y se determinó la concentración de fenoles e hidrocarburos livianos, con la finalidad de conocer la absorción de éstos compuestos por parte de la planta.

Determinación de la velocidad específica de crecimiento

Se calculó la velocidad de crecimiento (k), graficando el número de frondes vivos y el tiempo (días) para obtener las curvas de crecimiento. La ecuación obtenida obedece a la ecuación cinética irreversible de primer

orden que se adapta al crecimiento de las frondes de *Lemna obscura* (Barboza, 2007). La ley de velocidad en función del producto (número de frondes F) se expresa de acuerdo a la ecuación (1):

$$\frac{dF}{dt} = kF \quad (1)$$

La integración de esta ecuación conduce a una expresión logarítmica de acuerdo a la ecuación (2):

$$\ln \frac{F}{F_0} = kt \quad (2)$$

Representando frente al tiempo (t) se obtiene una curva de pendiente igual a k y con ordenada en el origen igual a. En procesos gobernados por leyes de primer orden, la cantidad de producto F aumenta exponencialmente como se expresa en la ecuación (3):

$$F = F_0 e^{kt} \quad (3)$$

Donde:

F: Número de frondes a tiempo (t)

F₀: Número de frondes a tiempo (t₀)

k: velocidad específica de crecimiento (frondes / día -1)

t: tiempo de crecimiento (día)

Determinada la ecuación que representa la velocidad de crecimiento de *Lemna*, se procedió a determinar el tiempo de duplicación (td) de la planta. En el caso de una reacción de primer orden de acuerdo a la ecuación (4):

$$t_d = \ln 2.(k)^{-1} \quad (4)$$

Resultados y Discusión

pH, Conductividad, Oxígeno Disuelto y Turbidez

Los valores de pH para los ensayos con fenol se encontraron en el rango de $7,6 \pm 0,1 - 9,2 \pm 0,6$ y para los ensayos con hidrocarburo liviano, valores muy similares con un rango entre $7,7 \pm 0,1 - 9,4 \pm 0,2$. La conductividad aumenta al transcurrir los días, por a la descomposición de la materia orgánica producida por la muerte de *Lemna*. La muestra con menor conductividad correspondió con la mayor cantidad de plantas, es decir, el control AL con una conductividad de $6,4 \pm 1,5$ MS para los ensayos con fenoles y $9,4 \pm 1,9$ MS para los ensayos con hidrocarburos livianos, éstos valores son para T10. Los valores de oxígeno disuelto disminuyeron con respecto a los valores iniciales para los tratamientos con fenoles (6,8 a 7,4 mg/l al inicio y 6,7 -6,9 mg/l al final) y para el caso de los tratamientos con hidrocarburos livianos los valores finales resultaron ligeramente mayores que los iniciales (7,3 - 7,6 mg/l a 7,4- 7,8 mg/l). En los tratamientos con fenoles hubo mayor cobertura de *Lemna* en la superficie del agua impidiendo la penetración de la luz y la reaeración del medio, lo que da como resultado una baja en la concentración de oxígeno disuelto [Morales *et al.*, (2004)]. Los valores de turbidez no presentaron gran diferencia entre el inicio y el final de los ensayos, estando los va-

lores entre 9,0 – 10,0 NTU para los tratamientos con fenoles y 3,0 – 5,0 NTU para los tratamientos con hidrocarburos.

Demanda Química de Oxígeno

Los valores oscilan en un rango comprendido entre 61 ± 5 y 143 ± 19 mg/l para los ensayos con fenol y entre 90 ± 16 y 169 ± 13 mg/l para los ensayos con hidrocarburos livianos. La diferencia entre el valor promedio inicial de la DQO presentado para los ensayos con fenol respecto a los ensayos con hidrocarburo liviano, es debido a la variación del contenido de algas, metales y otros compuestos presentes en el agua del lago. El valor más bajo de la DQO fue para el control AL, ya que no se le agregó ninguna cantidad de fenol ni hidrocarburo liviano, además de poseer la mayor cantidad de plantas capaces de producir una mayor remoción de la materia orgánica, por tal motivo es el único control que reveló una disminución de la DQO de $73 \pm 4,5$ mg/l a $61 \pm 4,8$ mg/l representando una remoción del 20% para el trata-

miento con fenoles y una disminución de $100 \pm 16,2$ a $90 \pm 15,9$ mg/l con remoción del 10% para el tratamiento con hidrocarburos livianos.

Número de plantas y frondes

El rango para el número de plantas en presencia de fenol, estuvo entre 50 y 256 ± 28 y para el número de frondes los valores estuvieron entre 100 y 655 ± 55 . Con respecto a los ensayos con hidrocarburo liviano, las plantas oscilaron entre 50 y 90 ± 17 y las frondes entre 100 y 436 ± 32 . Tanto el número de plantas como de frondes en presencia de fenol fueron mayores, indicando que el fenol a las concentraciones utilizadas tiene un efecto menos inhibitorio y tóxico para el crecimiento de las plantas que las concentraciones utilizadas en presencia de hidrocarburo liviano. El control AL presentó el mayor crecimiento tanto de plantas como de frondes, ya que a este control no se le agregó fenol ni hidrocarburo liviano, por lo tanto, las plantas no estaban expuestas al efecto tóxico de éstos compuestos y pudieron desarrollarse normalmente.

Velocidad de crecimiento y Tasa de duplicación de *Lemna obscura*

Las mayores tasas de crecimiento se dieron en AL con 0,2041 frondes/d-1 para los ensayos con fenoles y de 0,1472 frondes/d-1 para los ensayos con hidrocarburo, y las menores velocidades de crecimiento para ALH100% con fenoles 0,1151 frondes/d-1 y 0,1956 frondes/d-1 con hidrocarburos (Tablas 3 y 4).

Se observa que el tiempo de duplicación más alto lo presenta el tratamiento ALH100% con 6,02 días y el tratamiento ALF100% con 3,54 días, mientras que los menores valores se presentaron en el tratamiento AL, tanto para los ensayos con fenoles como para hidrocarburos, con 3,40 y 4,71 días, respectivamente. Este comportamiento está relacionado con las velocidades de crecimiento, a mayor tasa de crecimiento menor es el tiempo de duplicación.

Tabla 3. Velocidades específicas de crecimiento y tiempo de duplicación de *Lemna obscura* para los tratamientos con fenol

Tratamientos	Velocidades específicas (frondes/d ⁻¹)	Tiempo de duplicación (días)
Control AL	0,2041	3,40
ALF _{10%}	0,2006	3,45
ALF _{25%}	0,1969	3,52
ALF _{50%}	0,1967	3,52
ALF _{75%}	0,1959	3,54
ALF _{100%}	0,1956	3,54

Tabla 4. Velocidades específicas de crecimiento y tiempo de duplicación de *Lemna obscura* para los tratamientos con hidrocarburos livianos

Tratamientos	Velocidades específicas (frondes/d ⁻¹)	Tiempo de duplicación (días)
Control AL	0,1472	4,71
ALH _{10%}	0,1378	5,03
ALH _{25%}	0,133	5,21
ALH _{50%}	0,1221	5,68
ALH _{75%}	0,1199	5,78
ALH _{100%}	0,1151	6,02

Las investigaciones realizadas con *Lemna minor* y *Azolla filiculoides*, en condiciones de cultivo, han señalado una tasa de crecimiento de 0,297 ind/ día⁻¹, con un tiempo de duplicación de 2 a 5 días (Santini et al., 2000). Otras investigaciones realizadas con *Lemna obscura* en la Laguna El Imazo en el estado Zulia, revelan una tasa de crecimiento exponencial de 0,2264 fronde/día⁻¹ y un tiempo de duplicación de 3,06 días de acuerdo a lo propuesto por Barboza et al., (2007).

Nitrógeno y Fósforo

Las concentraciones iniciales de nitrógeno y fósforo son producto de la concentración original de nutrientes presentes en el agua del lago más la cantidad de nutrientes adicionada. Para los ensayos con fenoles fueron 2,5±0,1 mg/l para nitrógeno y 1,4±0,1mg/l para fósforo, y en los ensayos con hidrocarburos livianos fueron de 2,7±0,1 mg/l para nitrógeno y 1,8±0,1 mg/l para fósforo. Ambos nutrientes disminuyeron su

concentración a medida que disminuye la concentración de fenol e hidrocarburo liviano en los diferentes ensayos. Esto se debe a que *Lemna obscura* creció en mayor proporción, en aquellos tratamientos donde había menor cantidad de fenol e hidrocarburo liviano, ya que estos inhiben el crecimiento de las plantas, por tanto al haber mayor cantidad de plantas, va existir una mayor demanda de nutrientes y la concentración de éstos va a disminuir con el tiempo, es decir, la relación es inversamente proporcional. De esta forma se tiene en T10, que los valores más bajos de nitrógeno y fósforo se presentan en el tratamiento AL, con 0,37±0,13 mg/l y 0,38±0,04 mg/l respectivamente, en los ensayos con fenol, y de 0,87±0,1 mg/l para nitrógeno y 0,84±0,03 mg/l para fósforo, en los tratamientos con hidrocarburos livianos

Fenoles

La Figura 1, muestra la concentración de fenol en el agua para cada

uno de los tratamientos. La concentración inicial del fenol (2,5 mg/l) disminuye en gran cantidad en la primera mitad de cada ensayo (T5), con valores entre 0,19 y 0,30 mg/l, debido a la absorción del fenol por parte de *Lemna obscura*, y a pérdidas por volatilización (Canonica y Steemeler, 1995). La Figura 2, muestra la absorción del fenol por parte de *Lemna obscura* para todos los tratamientos. Los valores oscilan entre 1,70±0,40 mg/ Kg y 5,09±1,4 mg/ Kg. El valor más alto de fenol absorbido por *Lemna* se encontró en ALF100% con 5,09±1,4 mg/Kg por poseer la mayor cantidad de fenol. Mientras que el menor valor de fenol absorbido por *Lemna obscura* se encontró en ALF10% con 1,7±0,4 mg/ Kg por poseer la menor cantidad de fenol en dicho tratamiento. En el control AL, sin adición externa de fenol, no se detectó en las plantas la absorción del mismo.

Figura 1. Concentración de fenol en agua en los tratamientos

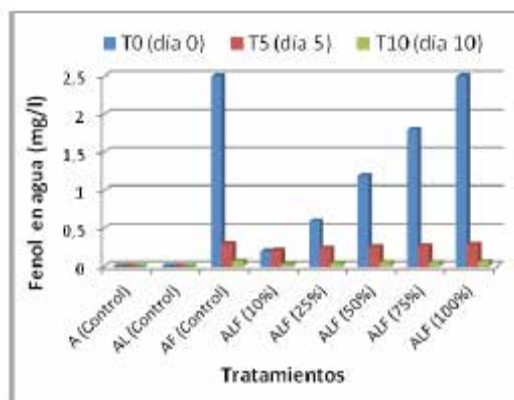


Figura 2. Concentración de fenol en plantas en los tratamientos

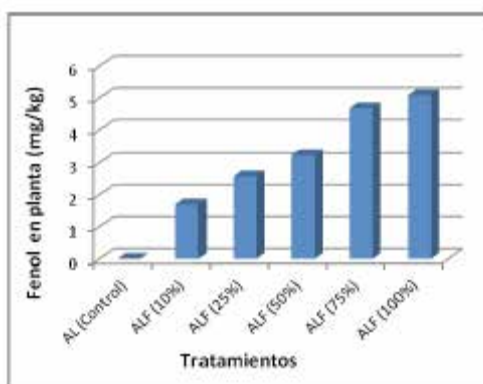


Figura 3. Concentración hidrocarburo liviano en agua en los tratamientos

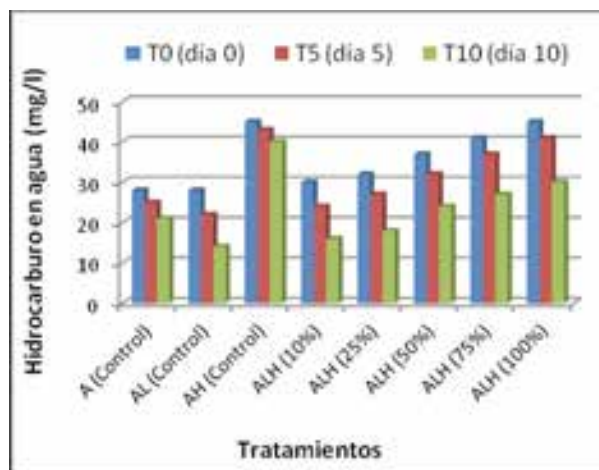
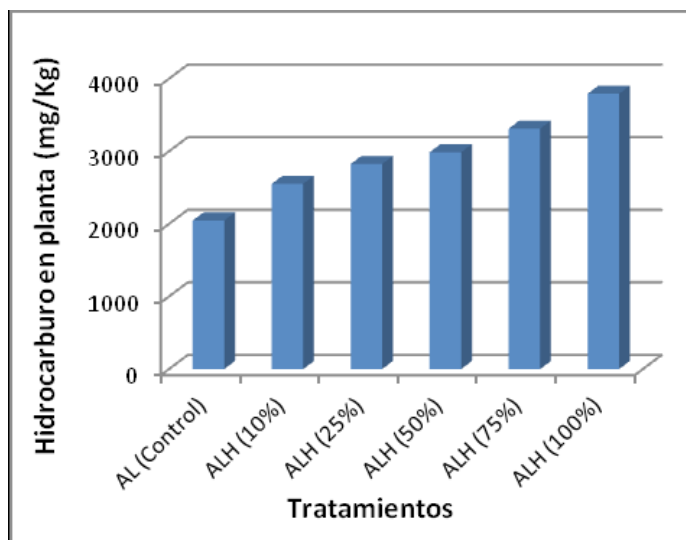


Figura 4. Concentración hidrocarburo liviano en plantas en los tratamientos



El tratamiento que presentó la mayor absorción de hidrocarburo liviano por parte de las plantas fue ALH100% con 3793 mg/kg, mientras que el menor valor lo presentó el tratamiento AL con 2047 mg/kg de hidrocarburo liviano. Angulo *et al.*, (2009) encontraron que la utilización de lenteja de agua (*Lemna sp.*) en una proporción del 75% como esponjante mejoró la biorremediación de suelos contaminados con rípios de perforación en un ensayo de tratabilidad in situ, removiendo 7829 mg/Kg de hidrocarburos (48%). Guerra (2013), en un estudio de biorremediación de rípios de perforación utilizando mezcla de *Lemna sp.* y grama (1:1), logró remover 11111 mg/Kg de hidrocarburos (36%) a los 75 días de tratamiento. Estos estudios demuestran la capacidad de la planta para remover el contaminante del medio.

Conclusiones

La planta *Lemna obscura* absorbió mayor cantidad de hidrocarburos livianos y presentó una mayor inhibición del crecimiento de las plantas a medida que los tratamientos incrementaron su concentración en el estudio, el fenol presentó un efecto similar al causado por el hidrocarburo liviano, pero la inhibición del crecimiento de las plantas fue menor. El patrón de crecimiento de *Lemna obscura* fue exponencial. La tasa de crecimiento más alta (0,2041 frondes/d-1) y el menor tiempo de duplicación (3,4 días) se obtuvo en los ensayos con fenol, mientras que la menor tasa de crecimiento (0,1151 frondes/d-1) y el mayor tiempo de duplicación (6 días) se presentó en los ensayos con hidrocarburo liviano. A mayor cantidad de plantas y

menor concentración de fenol o hidrocarburos livianos mayor fue la demanda de nutrientes. Con este estudio se puede inferir que los derrames de crudo ocurridos en el Lago de Maracaibo no son un factor activador para estimular el crecimiento de *Lemna obscura*.

Agradecimiento

Los autores agradecen a la Fundación Ayudemos al Lago BOD y al Centro de Investigación del Agua de la Universidad del Zulia por el financiamiento de esta investigación.

Referencias Bibliográficas

Angulo, N.; Araujo, I.; Abreu, A.; Cárdenas, C.; Morillo, G.; Bracho, B.; Saules, L. (2009). Biorre-

- mediación in situ de suelos contaminados con ripsos de perforación utilizando *Lemna sp.* Revista de la Asociación Venezolana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental AVISA-AIDIS. 1: 29-31.
- APHA-AWWA-WEF. (1999). Standard Methods for the examination of water and wastewater. 20th Edition, New York.
- Barboza, F. (1991). Estudio e identificación de las plantas acuáticas presentes en la Laguna de Sinaimaica, Instituto para el Control y Conservación de la Cuenca del Lago de Maracaibo C-91-11-077-O.
- Barboza, F.; Herrera, L.; Sánchez, J.; Morillo, G.; Trujillo, A. (2007). Crecimiento de *Lemna Obscura* (Austin) Daubs en el Sistema del Lago de Maracaibo Universidad del Zulia. Maracaibo. Venezuela. 42 (1): 93-110.
- Canonica, S.; Steemeler, K. (1995). Transformation kinetics of phenols in water: Photosensitization by dissolved natural organic material and aromatic ketones. Environ Sci. Technol. 29:1822- 1831.
- Cruz, M.; Ramírez, M.; Melo, V. (2006). Efectos de la *Lemna sp.* en el hábitat y en el crecimiento del hábitat de la fauna marina del Lago de Maracaibo. U.E.P Colegio formación Integral 12 febrero. Caracas, Venezuela. 125 pp
- Gijzen, H. (1998). Ciencia al día “lenteja de agua (planta para las aguas residuales)” Institute for intrutural Hydraulic and Engineering. Holanda, [en línea], de <http://aupec.univalle.edu.co/informes/julio98/lentejahtml>
- González, E.; Gordon, E. (2004). *Lemna* en el lago de Maracaibo. Universidad Central de Venezuela, Facultad de Ciencias. Trabajo Especial de Grado. Caracas, Venezuela.
- Guerra, M. (2013). Biorremediación de suelos contaminados con hidrocarburos utilizando bacterias autóctonas, *Lemna sp.* como agente esponjante y biopilas. Universidad del Zulia, Postgrado de la Facultad de Ingeniería. Trabajo de Maestría. Maracaibo, Venezuela. 117 pp.
- Herrera, L.; Severeyn, H.; Rincón, J.; Morales, E.; Morillo, G.; Barboza, F.; Araujo, I.; Cárdenas, C.; Zambrano, O.; Godoy, G.; Yabroidi, S.; Ferrer, A.; García. (2004). Informe del afloramiento masivo de *Lemna sp.* en el Lago de Vol. 42, Crecimiento de *Lemna* 109 Maracaibo. Comisión Especial designada por el Consejo Universitario de La Universidad del Zulia. Maracaibo, Venezuela. 8 pp.
- Landolt, E. (1986). The family of Lemnaceae – a monography study (vol. 1). Veroff Geobot. Inst. ETH, Stiftung Rubel, Zurich. 2: 139-167.
- Medina, E.; Barboza, F.; Francisco, M.; Sánchez, J. (2006). Biomasa y composición mineral de comunidades de *Lemna obscura* (Austin) Daubs en el Lago de Maracaibo. Ciencia 14 (Número Especial): 32-41.
- Normas para la Clasificación y Control de la Calidad de los Cuerpos de Agua y Vertidos o Efluentes Líquidos. (1995). En Gaceta Oficial N° 5.021. Decreto 883. Poder Legislativo de Venezuela .
- Ramírez, A. (2004). Lenteja de agua, *Lemna* en el lago de Maracaibo. Planigestion, C.A., [en línea], de <http://www.planigestion.com/Documentos/LentejadeAguaLagoMaracaibo.pdf>
- Santini, P.; Varena, L.; Escobar, A. (2000). Producción de plantas acuáticas *Lemna minor* y *Azolla filiculoides* y su uso conjuntamente con harina de pescado en raciones para cerdo. Informe Técnico. Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela. Maracay, Venezuela. 6 pp.

Determinación espectralfotométrica de los niveles de ca, mg, k y na en leche pasteurizada de cabra, consumida en la ciudad de Maracaibo

Controsceri Giovanni

Amaya Roman

Angulo Andrea,

Oberto Humberto

Villasmil Jesús

Campos Jesús

Fernández Denny R

Granadillo Víctor

Laboratorio de Instrumentación Analítica

Universidad del Zulia

vagranadillo@luz.edu.ve

Venezuela-Zulia

Fecha de recepción: 23-01-2014 Fecha de aceptación: 18-02-2014

Resumen

La leche de cabra constituye una alternativa beneficiosa en la alimentación humana, fundamentada en su fácil digestibilidad para los consumidores que son alérgicos a las proteínas e intolerantes a la lactosa de la leche de vaca. Es por ello que el consumo de leche de cabra va en aumento día a día. En este trabajo se presentan las concentraciones de Ca, Mg, K, y Na en muestras de leches pasteurizadas de cabra expandidas en la ciudad de Maracaibo, determinadas mediante las técnicas de absorción y emisión atómica con llama

(FAAS y FAES). Se realizó un muestreo aleatorio, recolectando muestras de leche líquida de cabra ($n=35$), en presentaciones comerciales de 1L. Las muestras fueron digeridas con $\text{HNO}_3/\text{H}_2\text{O}_2$ usando calentamiento a presión atmosférica, con la finalidad de eliminar la materia orgánica, principalmente la grasa. La precisión media general (expresada como DER) fue 0,99%. La exactitud del método se evaluó mediante estudios de recuperación, obteniendo porcentajes promedios entre 95 y 105 %. Los límites de detección ($\text{LD}=3\sigma/\text{m}$) obtenidos fueron de 0,027; 0,005; 0,002 y 0,002 mg/L para Ca, Mg, K

y Na, respectivamente. Las concentraciones obtenidas (media \pm DE, mg/L) fueron: Ca, $960,72 \pm 64,32$; Mg, $98,84 \pm 0,12$; K, $1416,51 \pm 23,09$; y Na, $1296,61 \pm 41,44$. Estas concentraciones estuvieron por debajo de los niveles esperados para el calcio, magnesio y potasio, a diferencia del sodio, que se encontró en niveles altos perjudiciales para la salud, sugiriendo posible adulteración con NaCl. Las metodologías aplicadas fueron exactas, precisas y libres de interferencias.

Palabras clave: FAAS; FAES; leche de cabra; minerales esenciales

Spetrophotometric determination of the levels of ca, mg, k and na in milk pasteurized goat, consumed in the city of maracaibo

Abstract

Goat milk is a beneficial alternative in human nutrition, based on its easy digestibility for consumers who are allergic to proteins and lactose intolerant of cow's milk. That is why the consumption of goat's milk is increasing day by day. In this paper, the concentrations of Ca, Mg, K, and Na are presented in samples of pasteurized goat milk sold in the city of Maracaibo, determined by the techniques of absorption and atomic emission with flame (FAAS and FAES). A random sampling was ca-

ried out, collecting samples of goat liquid milk ($n = 35$), in commercial presentations of 1L. The samples were digested with $\text{HNO}_3 / \text{H}_2\text{O}_2$ using heating at atmospheric pressure, in order to eliminate the organic matter, mainly fat. The overall average precision (expressed as DER) was 0.99%. The accuracy of the method was evaluated through recovery studies, obtaining average percentages between 95 and 105%. The detection limits ($\text{LD} = 3\sigma / m$) obtained were 0.027; 0.005; 0.002 and 0.002 mg / L for Ca, Mg, K and Na, respectively. The concentrations obtained (mean

$\pm \text{SD}$, mg / L) were: Ca, 960.72 ± 64.32 ; Mg, 98.84 ± 0.12 ; K, 1416.51 ± 23.09 ; and Na, 1296.61 ± 41.44 . These concentrations were below the levels expected for calcium, magnesium and potassium, unlike sodium, which was found at high levels detrimental to health, suggesting possible adulteration with NaCl. The methodologies applied were accurate, precise and free of interference.

Keywords: FAAS; FAES; goat's milk; essential minerals

Introducción

La leche es una fuente nutritiva importante para la dieta humana, la cual es consumida por personas de todas las edades [Campillo et al., (1998)], la misma está compuesta de grasas, proteínas, vitaminas, azúcares y metales esenciales, entre otros. De estos componentes de la leche, unos de los más importantes son los metales esenciales ya que desempeñan funciones vitales en el cuerpo humano. Entre éstos se encuentran el calcio (Ca), magnesio (Mg), potasio (K) y sodio (Na), [Hussain et al., (2010); Licata et al., (2004); Do Nascimento et al., (2010); Jaffar et al., (2004)]. El consumo de leche de cabra se ha incrementado debido a que constituye una alternativa beneficiosa en ciertos aspectos en la alimentación humana, ya que puede ser consumida por la mayoría de los intolerantes a la lactosa y alérgicos a las caseínas de la leche de vaca. Además de su mayor digestibilidad, debida al menor tamaño de sus glóbulos grasos (Pandya y Ghodke, 2007). Sin embargo, la información disponible sobre la composición de la leche de cabra es escasa, especialmente su contenido de minerales, por lo que es necesario realizar estudios que permitan conocer o actualizar la información nutricional de la misma. La cuantificación de metales trazas debe realizarse con técnicas sensibles, libres de interferencias, con poco tratamiento de la muestra. Entre las técnicas más empleadas se encuentra la espectrometría atómica de llama, en el modo de absorción (FAAS) y de emisión (FAES). Por todo lo expues-

to anteriormente, en este trabajo se realizó la determinación de las concentraciones totales de Ca, Mg, K y Na en leches pasteurizadas de cabra consumidas en la ciudad de Maracaibo empleando la FAAS y FAES.

Materiales y Métodos

Equipos y reactivos

Para la determinación analítica de los metales se utilizó un espectrofotómetro Perkin-Elmer, modelo 2380, en el modo de absorción para Mg y emisión para Ca, K y Na. Las digestiones de las muestras se realizaron con ayuda de una plancha de calentamiento Barnstead-Thermolyne modelo 2200. Los volúmenes se midieron con micropipetas Gilson (Pipetman).

Todos los reactivos utilizados para el desarrollo de esta investigación fueron de grado analítico. Las curvas de calibración fueron preparadas diariamente por dilución de la solución concentrada del metal (100 mg/L) en ácido nítrico 0,01 M. Para la determinación de calcio y magnesio se adicionó una solución de cloruro de lantano (100 mg/L) para evitar interferencias por fosfatos. Las digestiones de las muestras se realizaron con ácido nítrico concentrado (HNO₃, Merck) y peróxido de hidrógeno 30% (H₂O₂, Merck).

Procedimiento

Se recolectaron 35 muestras de leche líquida pasteurizada de cabra de un litro de capacidad (1 L), ex-

pendidas en diferentes puntos de la ciudad de Maracaibo. Las muestras de leche (5 mL) fueron digeridas con ácido nítrico concentrado (2,5 mL) y peróxido de hidrógeno (1 mL) con calentamiento a presión atmosférica y filtrada por gravedad para separar la grasa. Para la determinación analítica de Ca, Mg, K y Na en leche de cabra se aplicaron factores de dilución de 250X. Todas las muestras fueron analizadas por triplicado y leídas por pentaplicado.

Resultados y Discusión

Durante el desarrollo metodológico se evaluaron los parámetros de mérito analítico, tales como: exactitud, precisión, interferencias no espectrales, límite de detección, sensibilidad instrumental, y aplicabilidad de los métodos desarrollados; para garantizar de esta manera la calidad analítica de los mismos. A continuación, se presentan los resultados obtenidos en la optimización de los parámetros analíticos.

La exactitud de los métodos fue evaluada por medio de estudios de recuperación para cada metal. En la Tabla 1, se muestran los porcentajes de recuperación obtenidos para Ca y para Mg. Todos los porcentajes estuvieron dentro del intervalo aceptado internacionalmente (ca. 95-105%). Por lo tanto, los métodos empleados resultaron ser confiables para la cuantificación de los metales en muestras de leche de cabra.

Tabla 1. Estudio de recuperación para la determinación de Ca y Mg en muestras mineralizadas de leche de cabra con HNO₃-H₂O₂ por FAAS y FAES

Metal	Concentración			Recuperación (%)
	Añadida (mg/L)	Esperada (mg/L)	Encontrada (mg/L)	
Ca	1.0	2,875	2,727	94,85
	2.0	3,875	3,734	96,36
	3.0	4,875	4,711	96,64
	$\bar{X} \pm DE$			95,95 \pm 0,96
Mg	0,05	0,246	0,249	101,22
	0,10	0,296	0,296	100,00
	0,20	0,396	0,392	98,99
	$\bar{X} \pm DE$			100,07 \pm 1,12

En la Tabla 2, se muestra el estudio de precisión en la corrida y entre corridas, expresado como desviación

estándar relativa (DER) en porcentaje. Todos los valores obtenidos se encuentran dentro del intervalo ópti-

mo aceptado internacionalmente (ca. <5%).

Tabla 2. Estudio de precisión para la determinación de Ca, Mg, K y Na en muestras mineralizadas de leche de cabra por FAAS y FAES

Muestra ^a	En la corrida			Entre corridas	
	Media (mg/L)	DE (mg/L)	DER (%)	DE (mg/L)	DER (%)
Leche de cabra					
Ca	3,76	0,0086	0,23	0,0553	1,47
Mg	0,39	0,0024	0,60	0,0027	0,68
K	5,56	0,0809	1,45	0,0488	0,88
Na	4,94	0,0702	1,42	0,0588	1,19

a: Muestra preparada por triplicado y leída por pentaplicado

Los límites de detección (LD=3σ/m, expresado en mg/L) fueron: 0,027; 0,005; 0,002 y 0,002 mg/L para Ca, Mg, K y Na, respec-

tivamente; y la concentración característica (Co, en mg/L) fue de 0,080 y 0,010 mg/L, para Ca y Mg, respectivamente. Estos valores experimen-

tales de LD y Co son similares a los reportados por el fabricante del equipo. Los resultados se muestran en la Tabla 3.

Tabla 3. Sensibilidad instrumental y límites de detección para la determinación de Ca, Mg, K y Na por FAAS y FAES

	Ca	Mg	K	Na
L_D , mg/L	0,027	0,005	0,002	0,002
C_o , mg/L	0,080	0,010	-	-

L_D : Límite de detección; C_o : Concentración característica

Se realizó un estudio de interferencias no espectrales mediante el método de adición estándar, comparando las pendientes de la curva de calibración y adición estándar, el error entre pendientes fue de 3,59%, afianzando el uso de curvas de calibración para la cuantificación de las concentraciones metálicas.

Una vez garantizada la calidad analítica de los métodos desarrollados para la determinación de Ca, Mg, K y Na en muestras de leche de cabra mediante técnicas espectrométricas de FAAS y FAES, se determinaron los niveles de dichos metales en muestras de leche líquida pasteurizada de cabra. En la Tabla 4, se detallan

los resultados obtenidos en el análisis de las muestras de leche de cabra. La concentración de Ca obtenida fue de 960,72 mg/L, muy por debajo del valor esperado de 1.450 mg/L para la leche de esta especie animal. Las concentraciones promedio de magnesio y sodio encontradas en las muestras de leche de cabra fueron de 98,84 y 1.296,61 mg/L.

Tabla 4. Concentraciones totales de Ca, Mg, K y Na en muestras de leche de cabra determinados por FAAS y FAES

Concentración, en mg/L				
Metal	$\bar{X} \pm DE$	C.V. (%)	Intervalo Estadístico	Intervalo Experimental
Ca	960,72 \pm 64,32	6,70	896,40 – 1025,04	899,07 – 1118,01
Mg	98,84 \pm 0,12	0,12	98,72 – 98,96	92,22 – 102,09
K	1416,51 \pm 23,09	1,63	1393,42 – 1439,60	1381,58 – 1463,41
Na	1296,61 \pm 41,44	3,20	1255,17 – 1338,05	1230,77 – 1364,20

En la Tabla 5 se comparan los valores de las concentraciones de Ca, Mg, K y Na obtenidos en esta investigación con los esperados por el Instituto Nacional de Nutrición de Venezuela (INN). Los niveles de Ca, Mg y K estuvieron por debajo de lo reportado por el INN para leche de cabra. A diferencia de la concentración de Na (1296,6 mg/L), que resultó tres veces mayor al valor esperado por el INN de 420,0 mg/L (INN, 1999). Existen grandes diferencias en relación con los datos aportados

por el INN y las concentraciones de metales obtenidas en esta investigación. Por lo que deben evaluarse los diversos factores que pueden influir en la composición de la leche, entre ellos: régimen alimenticio, raza, clima y otros problemas ambientales (Raynal-Ljutovac et al., (2008). Sin embargo, los altos niveles de sodio encontrados pueden deberse a la posible adulteración de la leche empleando agua salada (NaCl), siendo necesario realizar pruebas que permitan conocer si las propiedades fisi-

coquímicas de la leche (conductividad eléctrica y el punto crioscópico) fueron alteradas. La ingesta excesiva de Na en la dieta se asocia con riesgos de hipertensión arterial, y otras enfermedades cardiovasculares [Rodríguez et al., (2002)]. Por lo tanto, es esencial revisar y actualizar la información existente sobre el contenido de minerales y elementos trazas en los alimentos de consumo masivo como la leche.

Tabla 5. Comparación entre las concentraciones obtenidas de Ca, Mg, K y Na en las muestras de leche de cabra analizadas con las reportadas por el INN-Venezuela

Metal	Este estudio (mg/L)	INN (mg/L) ⁷
Ca	960,7	1450,0
Mg	98,8	130,0
K	1416,5	1700,0
Na	1296,6	420,0

Conclusiones

Los niveles de Ca, Mg y K encontrados en la leche de cabra estuvieron por debajo de los valores referenciales del Instituto Nacional de Nutrición. El alto contenido de Na encontrado en las muestras analizadas puede ser perjudicial para la salud de los consumidores. Los métodos aplicados a las muestras de leche resultaron ser confiables, reproducibles y libres de interferencias para la determinación de Ca, Mg, K y Na con la FAAS y FAES.

Agradecimiento

Al personal del Laboratorio de Instrumentación Analítica (LIA) del Departamento de Química de la Facultad Experimental de Ciencias de la Universidad del Zulia, por su apoyo en la realización de las pruebas analíticas.

Referencias Bibliográficas

- Campillo, N.; Viñas, P.; López-García, I.; Hernández-Córdoba, M. (1998). Direct determination of copper and zinc in cow milk, human milk and infant formula samples using electrothermal atomization atomic absorption spectrometry. *Talanta*. 46: 615-622.
- Do Nascimento, I.R.; De Jesus, R.M.; Dos Santos, W., Santos Souza, A.; Fragoso, W.D.; Sanches, Dos Reis P. (2010). Determination of mineral composition of fresh bovine milk from the milk-producing areas located in state of Sergipe in Brazil and evaluation employing exploratory analysis. *Microchemical Journal*. 96: 37-41.
- Hussain, Z.; Nazir, A.; Shafique, U.; Salman, M. (2010). Comparative study for the determination of metals in milk samples using Flame-AAS and EDTA complexometric titration. *Journal Science Research*. 1: 9-14.
- INN. Instituto Nacional de Nutrición. (1999). Tabla de composición de alimentos para uso práctico. Revisión 1999, publicación N° 52. Serie cuadernos azules.
- Jaffar, M.; Shah, M.H.; Shaheen, N.; Khaliq, A.; Tariq, S.R.; Manzoor, S.; Saqib, M. (2004). Pre- and post-expiry metal levels in canned dry milk. *Nutrition & Food Science*. 34 (2): 65-71.
- Licata, P.; Trombetta, D.; Cristani, M.; Giofré, F.; Martino, D.; Caló, M.; Naccari, F. (2004). Levels of toxic and essential metals in samples of bovine milk from various dairy farms in Calabria, Italy. *Environment International*. 30: 1-6.
- Pandya, A.J.; Ghodke, K.M. (2007). Goat and sheep milk products other than cheeses and yoghurt. *Small Ruminant Research*. 68: 193-206.
- Raynal-Ljutovac, K.; Lagriffoul, G.; Paccard, P.; Guillet, I.; Chilliard, Y. (2008). Composition of goat and sheep milk products: An update. *Small Ruminant Research*. 79: 57-72.
- Rodríguez, E.M.; Sanz, M.; Díaz, C. (2002). Concentraciones de calcio, magnesio, sodio y potasio en leche materna y fórmulas de inicio. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*. 52 (4): 406-412.

Verificación de la especie *vanilla planifolia* en el Parque Universitario, Terepaima, estado Lara y en el Vigía, Cerro Tomasote, estado Bolívar

Díaz Florangel
Bastardo Luisana
Marcó Lué
Sorondo Leonel

Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado
Decanato de Agronomía
mparra@ucla.edu.ve
Venezuela

Ascanio Ronnys
Luis Marcó

Finca Las Catiras, La Vigía, Tomasote
mparra@ucla.edu.ve
Venezuela

Fecha de recepción: 23-03-2014 Fecha de aceptación: 16-02-2014

Resumen

Entre las especies de la familia Orchidaceae, se destacan por sus aplicaciones no ornamentales, aquellas del género *Vanilla*, debido a la producción de vainilla y el alto valor comercial que tienen. Por otra parte, el cultivo de plantas de este género se presenta de forma sustentable, debido a que requiere poco suelo y puede hospedarse en árboles o en combinación con otros cultivos. Presenta entonces un alto potencial para el desarrollo de actividades agrícolas sostenibles en zonas protegidas como podría ser el Parque Univer-

sitario que funge de zona protectora del Parque Nacional Terepaima. Se han reportado en el Parque Universitario, en la cuenca de la quebrada Tabure, Lara y en La Vigía, estado Bolívar, ejemplares de la especie *Vanilla planifolia*. Sin embargo, las características del género, de estas plantas hemiepífitas impiden que la identificación morfológica pueda llevarse a cabo con el material vegetativo. Ésta puede realizarse con certeza en una primera etapa mediante la colección de las flores, que en muchos casos son escasas, efímeras y de baja frecuencia, tanto en campo como en herbarios. Se realizó un seguimien-

to temporal de las plantas silvestres encontradas en ambos sitios, hasta la floración, durante el mes de mayo. Se recolectaron especímenes para herbario, exsiccatas y muestras preservadas en etanol. Se verificó la presencia de la especie mediante las características morfológicas de la flor, lo cual constituye un primer paso para la reproducción con fines de conservación y aprovechamiento sustentable.

Palabras clave: *Vanilla planifolia*; Tabure; Cerro Tomasote

Verification of the species *vanilla planifolia* in the University Park, Terepaima, state lara and in the Vigía, Cerro Tomasote, state Bolívar

Abstract

Among the species of the Orchidaceae family, they stand out for their non-ornamental applications, those of the genus *Vanilla*, due to the production of vanilla and the high commercial value they have. On the other hand, the cultivation of plants of this kind is presented in a sustainable way, because it requires little soil and can be housed in trees or in combination with other crops. It then presents a high potential for the development of sustainable agricultural activities in protected areas. such as

the University Park that serves as a protective area of the Terepaima National Park. They have been reported in the University Park, in the basin of the Tabure stream, Lara and in La Vigía, Bolívar state, specimens of the *Vanilla planifolia* species. However, the characteristics of the genus, of these hemiepiphyte plants, prevent morphological identification from being carried out with the vegetative material. This can be done with certainty in a first stage through the collection of flowers, which in many cases are scarce, ephemeral and low frequency, both in the field and in

herbaria. The wild plants found in both sites were monitored temporarily, until flowering, during the month of May. Specimens were collected for herbarium, exsiccates and samples preserved in ethanol. The presence of the species was verified by means of the morphological characteristics of the flower, which constitutes a first step for the reproduction for the purpose of conservation and sustainable use.

Keywords: *Vanilla planifolia*; Tabure; Cerro Tomasote

Introducción

Venezuela es uno de los países más ricos en especies de orquídeas; para el año 1988 Ricardi reportó para Venezuela 150 géneros y 1200 especies; sin embargo si se le compara con otras especies de plantas, la familia Orchidaceae ha sido poco estudiada en el país. La especie *Vanilla planifolia* es una de las pocas orquídeas de interés agrícola, debido a la producción de la vainilla, de alto valor comercial, por lo que es interesante conocer las características relacionadas con su adaptación al ambiente, a fin de brindar elementos que permitan conocer y comparar la especie de *Vanilla planifolia* desarrollada bajo ambientes naturales diferentes, y comprender los mecanismos de adaptación de esta especie con base en las variantes fenotípicas en plantas a lo largo de gradientes altitudinales y geográficos, la influencia relativa del ambiente, el genotipo y la interacción entre ambos sobre las variantes fenotípicas (Clausen *et al.*, 1947) y brindar elementos que servirán de herramienta para la conservación de la misma, realizar una explotación que sea sustentable sin perjudicar su habitat natural y el interés por la conservación de los recursos genéticos.

La *Vanilla planifolia* es una planta trepadora, hemiepífita o terrestre, muy ramificada, hojosa, puede llegar hasta de 12 m de alto y 120 m de largo con tallos verde oscuros, lisos, carnosos y flexibles, inconspicuamente punteados de verde blanquecino (Soto, 1999). Es considerada una planta CAM obligada (Taiz y Ziger,

2002), aunque sus órganos exhiben comportamientos diferentes: las hojas absorben CO₂ masivamente durante la noche, mientras que el tallo y las raíces muestran una pérdida neta de CO₂; menos pronunciada en la noche para las raíces, mientras que en el día lo es para el tallo [Gehrig *et al.*, (1998)].

La reproducción sexual de la especie, es poco exitosa y sólo 0,1-1,0% de las flores son fecundadas; sin embargo, en algunos cultivos mexicanos se han encontrado tasas de autopolinización entre 4 y 20%. Mientras que para el sistema de reproducción mixto involucra individuos auto-compatibles con otros que no lo son, en una proporción que todavía se desconoce (Soto, 1999). Para requerimientos productivos, las flores deben ser polinizadas manualmente (Rao y Ravishankar, 2000; Amilkumar, 2004; McGregor, 2005).

Por otra parte, tiene raíces axilares que nacen opuestas a las hojas (Rao y Ravishankar, 2000); por lo tanto, las mismas son adventicias de dos tipos: a) las primarias o terrestres, las cuales brotan de los nudos que se encuentran bajo tierra y se desarrollan dentro del suelo orgánico húmedo ocupando un área no mayor de 10 cm. de profundidad y en los primeros 80 cm. alrededor de la planta por lo que necesita aporte de tierra orgánica y suelos con buen drenaje; b) las raíces adventicias o aéreas, las cuales se originan en los nudos superiores y sirven de soporte a las plantas sobre el tutor, ya que crecen adheridas al tronco (Menchaca, 2011). Por otra

parte, es de destacar, que el fruto de *V. planifolia*, es una cápsula cilíndrica, recta o ligeramente arqueada, largamente subclavada, algo trígona, que puede ser dehiscente, puede ser de corte triangular con forma semicilíndrica (Bory, 2007; Soto y Solano, 2007).

El tamaño de las capsulas oscila, entre 15-25 cm de largo, siendo de color verde oscuro brillante y al madurar cambia al color verde amarillento opaco, abriendo longitudinalmente (Arditi, 1987) y es fuertemente fragante (Soto, 1999).

En general, las semillas se consideran rudimentarias, dado que no presentan estructuras de reserva cuando están fisiológicamente maduras; las reservas que tiene el embrión son pocas, principalmente por su tamaño pequeño. Particularmente, en la naturaleza no se presenta la germinación de semillas de vainilla, debido a un endurecimiento de la testa y a la secreción de aceites que inhiben la germinación (Parra, 1987).

Es de destacar, que los frutos contienen sustancias que inhiben la germinación de las semillas, por lo que es preferible la propagación asexual de *V. planifolia* (Augstburger *et al.*, (2000).

La capsula de la vainilla contiene miles de semillas café oscuro o negro, miden en promedio 312 µ de longitud y 260 µ de ancho y tiene puntos de mayor espesor. Contienen embriones indiferenciados y tienen un tegumento duro que rodea apre-

tadamente al embrión (Menchaca, 2011).

Tradicionalmente *V. planifolia*, se propaga por estacas o esquejes, que se seleccionan de plantas sanas, con características sobresalientes del resto de la población, cada uno con 8 o 10 entrenudos. Se ha observado que cuanto más largo es el esqueje, sale del estado juvenil inducido por el método de propagación en menor tiempo que los cortos (Parra, 1987).

Las hojas, son craso-carnosas, planas, lanceolado-oblongas o elípticas. Abruptamente acuminadas, agudas, con base redondeada y terminando en un pseudopecíolo (Schnee, 1984), el mismo es acanalado y torcido (Soto, 1999), en la mayoría de los casos se retuerce lo que le permite a la hoja captar la luz solar. Mientras, que el tamaño de las hojas es como el largo o más de los entrenudos. El haz es verde intenso a pálido, lustroso, envés más pálido (Soto, 1999; Menchaca, 2011). La verificación de la especie puede ser difícil, debido a la variabilidad de las características morfológicas. Es importante la caracterización de las flores, las cuales son escasas y efímeras, en estado silvestre y poco comunes en herbarios, para la identificación veraz (Soto y Dressler, 2010).

Este trabajo se orientó hacia la caracterización morfológica del material vegetativo (tallos y hojas) y flores de la especie *Vanilla planifolia*, proveniente de dos localidades de Venezuela, el Parque Universitario en la frontera con el Parque Na-

cional Terepaima, estado Lara, y en el sector La Vigía, valle del Cerro Tomasote en el estado Bolívar, que presentan condiciones climáticas diferentes, a fin de verificar e identificar el recurso genético existente en el país.

Materiales y Métodos

Localización de las muestras y caracterización de los lugares de muestreo

El material vegetativo y las flores de la especie *Vanilla planifolia* fueron colectados en el Parque Universitario de la UCLA en el estado Lara, en las márgenes de la Quebrada Tabure y en el Valle del Cerro Tomasote, Sector La Vigía en el estado Bolívar, en las márgenes de un manantial en la cuenca del río Kumi. Para los muestreos se realizó un seguimiento al proceso de floración, el cual ocurrió desde la tercera semana de abril de 2012 en el parque Universitario, y desde la segunda semana de mayo de 2012 en el valle del cerro Tomasote, sector La Vigía, Finca Las Catiras.

El parque se encuentra ubicado entre las coordenadas geográficas: N 10° 01'31" y 9° 59'30", E 69° 18'16" y 69° 16'24" respectivamente, y con una Altitud entre los 600 y 675 msnm, en la zona de influencia del Parque Nacional Terepaima, por lo que gran parte de las comunidades vegetales allí reportadas, son también tipificadas en el espacio territorial del Parque Universitario, estableciéndose cierta continuidad tanto en la formación de un bosque

de galería como en la prosecución del área de matorral denso alto y bajo (López, 1995). Con los registros climáticos realizados en la estación meteorológica "Miguel Luna Lugo" del Decanato de Agronomía de la UCLA y una altura de 510 msnm, se obtuvo durante el año 2011 un valor promedio anual de precipitación de 1008,10 mm, con un promedio anual de temperatura de 25,12 °C. En el parque universitario de la UCLA, según las zonas de vida de Holdridge, corresponde a una transición entre un Bosque muy Seco (BS) y un Bosque Seco (BS) y en transición entre el Piso Altitudinal Tropical (T) y el Piso Altitudinal Premontano (Pr); (Ewell y Madriz, 1968; Holdridge, 1979). El Valle del Cerro Tomasote se encuentra en el estado Bolívar, ubicado en las coordenadas geográficas: latitud Norte de 7° 52'10,22" y longitud oeste de 61° 58'48,20" y con una altitud entre los 300 metros sobre el nivel del mar. Precipitación total media anual 980 mm, evaporación total media anual 1743 mm, temperatura media anual 26 oC. El clima es Tropical de Sabana (clasificación de Köppen), con un período de lluvias comprendidas entre los meses de Abril a Octubre. En ambas localidades la especie se localiza en un bosque de galería.

Entre algunas de las especies que se encuentran en el Parque Universitario se tienen *Bursera tomentosa* (Jacq.) *Guarea kunthiana* A. Juss. *Ruagea glabra* Triana & Planch, *Platuniscium polystachium*, *Bursera simaruba* L., Jabillo (*Hura crepitans*), indio desnudo (*Bursera*

simaruba), granadillo (*Caesalpinia granadillo*), yagrumo (*Cecropia sp.*), Cedro (*Cedrella odorata*), entre otras. Después de esta área se ubica un Matorral Denso Alto y a su vez el Matorral Denso Bajo (Guillén, 2000) y en el Valle del Cerro Tomasote, *Clusia rosea*, *Clusia flava*, *Clusia alata*, *Clusia minor*, *Platuniscium polystachium*, *Cassia moschata*, *Copaifera pubiflora*, *Bowdichia virgilioides*, entre otras.

Muestras y procesamiento de datos

En cada localidad se midieron en campo con vernier y regla milimetrada, los parámetros largo de hoja, ancho de hoja, distancia entrenudos y diámetro del tallo en cinco individuos de la especie (en cinco hojas, posiciones de tallo y entrenudos) para cada caso. Se tomaron tres flores en

cada sitio, las cuales fueron preservadas en alcohol isopropílico (50%), para realizar medidas en órganos florales, de los parámetros diámetro y largo del ovario, largo de columna, ancho y largo de labelo, pétalos y sépalos. De igual forma se tomaron ejemplares con flores para la preparación de exsicatas y preservación en herbario. Los datos recolectados fueron posteriormente procesados para el análisis de varianza y la elaboración de clusters con el programa Statistix 7.0, al nivel de confianza de 0,01. Se utilizó el test de Bartlett. La identificación de la especie se realizó aplicando la clave provista por Soto y Cribb (2010).

Resultados y Discusión

De acuerdo con la determinación morfológica realizada para las dos localidades de referencia: valle

del Cerro Tomasote, estado Bolívar y Parque Universitario de la UCLA, estado Lara., *V. planifolia*, se verificó, a través de la observación directa en campo, tomas fotográficas, colectas de muestras, estudio en laboratorio, así como también, consultas con expertos, herbarios y la examinación a través de la clave provista por (Soto y Cribb, 2010)

Según las variables morfológicas estudiadas en cuanto a hoja y tallo, a continuación se destacan tres estudios de *V. planifolia*, realizados por: [Foldats (1969), Schnee (1984), y Soto (1999)]. Esto permitió realizar una comparación con las dos zonas de referencia (Tabla 1).

Tabla 1. Variables morfológicas de hoja y tallo de *Vanilla planifolia* Jackson

Autor (año)	Hoja		Tallo	
	Ancho (cm)	Largo (cm)	Diámetro (cm)	Distancia entre nudos (cm)
Foldats (1969)	2- 8	8-23	2	
Schnee (1984)	2-4,5	10-12	1-2	
Soto (1999)	2-7.6	8.5-23	0.65-1.2	6-15.5
Cerro Tomasote, estado Bolívar (fuente propia)	2-3,7	7-11,5	0,6-1	9-18
Parque Universitario de la UCLA, estado Lara (fuente propia)	3-4,8	9,6- 14,5	0,5-0,9	11,2-18

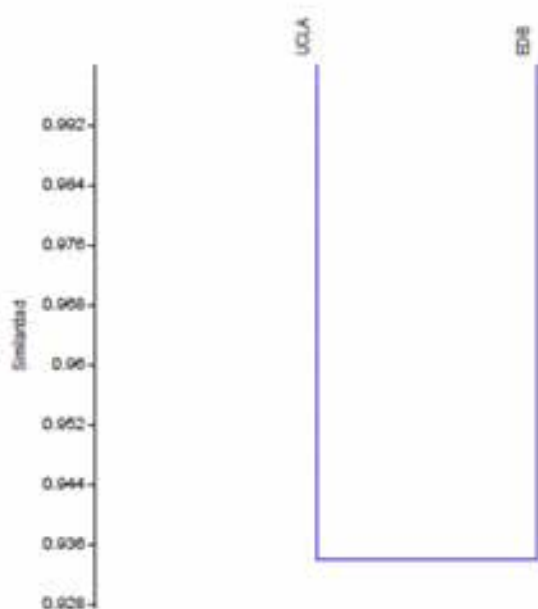
Por lo general, se detecta que para las variables de hoja (ancho y largo), así como también, distancia entre nudos y diámetro de tallo, se presentan valores aceptables para ambas localidades en correspondencia a los reportados por . [Foldats (1969), Schnee (1984) y Soto (1999)]. Sin embargo, la variable largo de hoja presenta diferencias significativas en ambas localidades, siendo mayor este parámetro en la Quebrada Tabure del Parque Universitario de la UCLA (F: 19,47 y P: 0,0002). A pesar de estas diferencias el análisis

del Cluster (Figura 1), muestra, que no hay diferencia entre ambas poblaciones. Las mismas se encuentran separadas por una gran distancia, pero ofrecen similitud en cuanto a ciertas condiciones de hábitat pues las dos poblaciones, están ubicadas en bosques de galería, sin embargo difieren en la precipitación media anual. Esta plasticidad se expresa en algunos casos como cambios morfológicos adaptativos; en otros casos, una norma de reacción continua describe la interrelación funcional entre un rango de entornos y un rango de fenoti-

pos, pues se presentan por ejemplo, hojas craso-carnosas, con peciolo retorcido y presencia de raíces adventicias que le permiten a la planta adaptarse a las condiciones ambientales.

En tal sentido, la plasticidad fenotípica se visualiza a partir de la confección de la norma de reacción. Así, la norma de reacción de un genotipo dado es su rango de respuestas fenotípicas a lo largo de un gradiente ambiental (Woltereck 1909; citado en Schlichting y Pigliucci, 1998).

Figura 1. Cluster Caracteres Foliare y Tallo de *Vanilla planifolia* Jackson



En cuanto al proceso de floración, por su parte, *V. Planifolia*, desarrolla inflorescencias que se originan a partir de las axilas de las hojas agrupadas en unos racimos cortos, helicoi-

dales, muy raramente ramificados, candelabroiforme,. Generalmente más de 6 flores. Presentan brácteas florales subdísticas, cimbiformes, recurvadas, triangular-ovadas, subagudas,

marginadas, raramente subfoliosas mayores de 1,2 cm de largo (Soto, 1999)..

Figura 2. Fotografías de flores de *Vanilla planifolia*. Izquierda, Parque Universitario. Derecha, Sector La Vigía, valle del Cerro Tomasote



Es de señalar, que para las dos localidades, se detectó, que en la medida que una flor es fecundada, a su vez comienza la apertura o antes de otra flor, y así sucesivamente, y se corroboró, también que las flores permanecen sólo unas 6-8 horas abiertas (Menchaca, 2011).

Se verificó, que en cuanto a las estructuras florales, los sépalos, son oblongos, espatuliformes, obtusos, verdes a verde amarillentos. Mientras, que los pétalos son del forma que los sépalos oblongo, pero más cortos y más angostos que los sépalos, (Schnee, 1984).

El labelo es muy distinto al resto de los pétalos, largamente unguiculado, tubular-infundibuliforme, muy cóncavo-cimbiforme, ligeramente

sigmoide e inflado con nervaduras visibles, débilmente perfumado, de color blanco con algo amarillo en la parte apical, mide de 47-55 x 23-26 mm, y se encuentra fusionado a los márgenes de la columna c. 28-35 mm (Soto, 1999). Tiene los márgenes ampliamente ondulados y denticulados hacia el lóbulo medio, además presenta un callo penicelado (Menchaca, 2011).

La uña es de 15-17 x 4 mm, pubescente, con tricomas cortos, amarillos a ocre; lámina obovada-flabelada, trilobada en contorno general, las venas ramificadas en el tercio distal y ligeramente engrosadas y la parte inferior de los limbos están pegados a la columna. Presenta papilas, tricomas o verrugas. El Limbo presenta algunos apéndices irregularen-

te denticulados (Steyermark et al., 2003; Soto y Dressler, 2010).

La columna es velluda en su cara ventral y verde-blanquecina, de 38-45 mm de largo, 2.5 mm de ancho, ápice dilatado, c. 3.5 mm de ancho; trígono-semiterete, superficie ventral plana, sulcada hacia la base, muy pilosa; con alas de 2 x 4 mm, flabeladas a obscuramente lobadoerosas, agudas a redondeadas. Antera c. 3 x 3 mm, ovado-cordiforme o elipsoide. Polen formando una masa granulosa, amorfa, pegajosa. Estigma trilobado, los lóbulos laterales emergentes, c. 1 x 1 mm, oblongos, ligeramente divergentes uno de otro; rostelo c. 3 x 2 mm, una lámina convexa, trapezoidal, cubriendo y paralela a los lóbulos laterales (Soto, 1999).

Figura 3. Cluster Caracteres Florales de *Vanilla planifolia* Jackson.

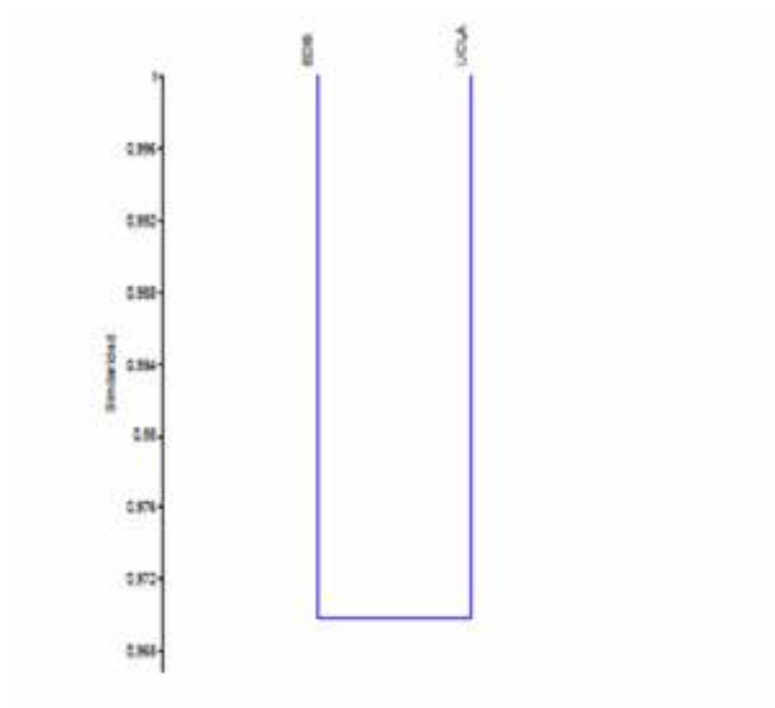
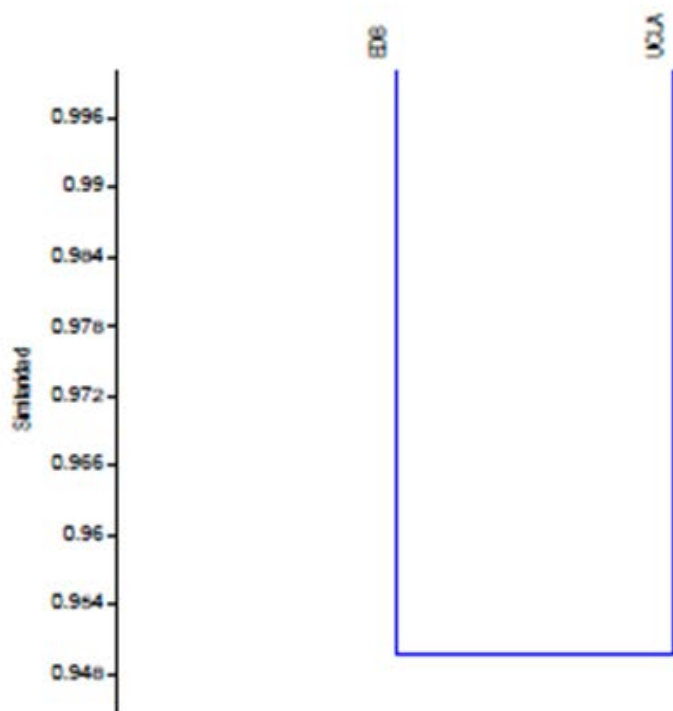


Figura 4. Cluster Todos los Caracteres de *Vanilla planifolia* Jackson



El ovario es generalmente curvado y verde oscuro brillante, de 40-57 mm de largo, 3.5- 4 mm de grosor, arqueado en la base, recto, terete, liso, verde, blanco en la base, con nectarios extraflorales, (Soto 1999). La caracterización de la estructura floral de *V. Planifolia* para las dos localidades se presenta en la Tabla 2.

Al nivel de confianza de 0,01 las dos poblaciones no presentan diferencias significativas en cuanto a los caracteres florales y un análisis del Cluster muestra que no hay diferencia entre ambas poblaciones. Este Cluster generó aún mayor semejanza que los foliares, lo que sugiere que los caracteres de menor plasticidad se conservan. (Figura 3). De igual forma al realizar el cluster para todos los caracteres, se aprecia que no existen diferencias entre las dos poblaciones (Figura 4).

Conclusiones

Se verificó la presencia de la especie *Vanilla planifolia* y se identificó, tanto en el Parque Universitario, estado Lara, como en el estado Bolívar. Los análisis morfológicos indican que se trata de la misma especie, con diferencias significativas sólo en el parámetro largo de la hoja. La comprobación de estos resultados debe estar acompañada posteriormente por análisis de los respectivos ADN.

Agradecimiento

Al proyecto estratégico del FONACIT 2011000961 y RAG.004-

2012 del CDCHT-UCLA, y la Estación de Piscicultura de la UCLA, por el financiamiento de esta investigación.

Referencias Bibliográficas

Arditti, J. (1982). *Orchid Biology Reviews and Perspective II*. Ed Cornell University Press, Ithaca & London.

Bory, S. 2007. Diversité de *Vanilla planifolia* G. Jackson dans l'océan Indien et de ses espèces apparentées; aspects génétiques, cytogénétiques et épigénétiques. Thèse doctorale Faculté des sciences et technologies. Université de la Réunion.

Clausen, J.; Keck, D.; Hiesey, M. (1947) Heredity of geographically and ecologically isolated races. *American Naturalist* 81: 114-133.

Ewell, J.; Madriz; A. (1968). Zonas de Vida de Venezuela, Memoria explicativa sobre el mapa ecológico. Estado Sucre. Caracas 265 pp.

Foldats, E. (1969). Flora de Venezuela. Instituto Botánico, Dirección de recursos Naturales renovables, Ministerio de Agricultura y Cría, Caracas. Volumen XV Primera Parte.

Gehrig, H.; Faist, K.; Kluge, M. (1998). Identification of phosphoenolpyruvate carboxylase iso-

forms in leaf, stem and roots of the obligate CAM plant *Vanilla planifolia* Salib. (Orchidaceae): a physiological and molecular approach. *Plant Molecular Biology*. 38: 1215-1223.

genus *Vanilla* Plum. ex Mill. (Orchidaceae: Vanillinae). *Lankesteriana* 9(3): 355-398.

Guillén, M. (2000). Caracterización de la Vegetación del Parque Universitario XXV Aniversario de la UCLA. Tarabana, Municipio Palavecino, estado Lara.

Holdridge, L. (1979). Ecología de Zonas de Vida. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. San Jose, Costa Rica, 216 pp.

Menchaca, R. (2007). Caracterización morfológica de híbridos de *Vanilla planifolia* y *V. pompona*. Universidad Veracruzana, [en línea]. Doctorado en Ecología Tropical, Veracruz, México. Recuperado el 15 de octubre de 2012, de <http://www.uv.mx/CITRO//det/alumnos/>

Parra, Q. (1987), "Cultivo in vitro y Anatomía de Óvulos de *Vanilla planifolia*-Andrews", Colegio de Post-graduados, Institución de Enseñanza e Investigación en Ciencias Agrícolas, Centro de Fruticultura, Chapingo, México.

Rao, S.R.; Ravishankar, G.A. (2000). *Vanilla* flavour: production by conventional and biotechnological routes. *Journal of the Science*

- of Food and Agriculture 80: 289-304.
- Schlichting, C.; Pigliucci, M. (1998). Phenotypic Evolution: A Reaction Norm Perspective. Sinauer Associates, Sunderland.
- Schnee, L. (1984). Plantas Comunes de Venezuela. Universidad central de Venezuela. Ediciones de la biblioteca, caracas, Venezuela.
- Soto Arenas, M.A.; Cribb, P. (2010). A new infrageneric classification and synopsis of the
- Soto, M., and Dressler, R. (2010). A revision of central American Vanilla.. Lankesteriana. 9(3): 285- 354. Universidad de Costa Rica, [en línea]. Recuperado el 10 de octubre de 2010, de <http://www.lankesteriana.ucr.ac.cr/lankesteriana/Lankesteriana%209%283%29%202009/08%20Soto%20Arenas%20&%20Dressler.pdf>
- Soto, M.A. (1999). Filogeografía y Recursos Genéticos de las Vainillas de México. Informe final SNIB-CONABIO proyecto J101. Instituto Chinoin AC. México D.F.
- Soto-Arenas, M. A.; Solano-Gómez, A. R. (2007). Ficha técnica de Vanilla planifolia. En: Soto-Arenas, M. A. (compilador). Información actualizada sobre las especies de orquídeas del PROY-NOM-059-ECOL-2000. Instituto Chinoin A.C., Herbario de la Asociación Mexicana de orquideología A.C. Bases de datos SNIB-CONABIO. Proyecto No. W029. México. D.F.
- Steyermark, J.; Berry, P.; Yatskiech, K.; Holst. (2003). Flora of Venezuelan Guayana. Vol. 7. Myrtaceae- Plumbagianaceae. Missouri Botanical Garden PRESS.
- Taiz, L.; Zeiger, E. (2002). Plant physiology. 3 ed. Sinauer Associates, [en línea], de <http://3e.plantphys.net>.
- Vivar, M. (2004). Germinación y micropropagación de Vanilla planifolia (Vainilla Andrews in vitro) in Vitro, [en línea]. Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa, escuela nacional de ciencias biológicas (I.P.N.). Recuperado el 10 de octubre de 2010, de <http://148.206.53.231/uami11215.pdf>

Evaluación y comparación de la sensibilidad de los cebadores que amplifican los genes *msp2* y *msp5* de *Anaplasma marginale* para el diagnóstico de la anaplasmosis bovina

Eleizalde Mariana

Centro de Estudios Biomédicos y Veterinarios
Universidad Nacional Experimental "Simón Rodríguez"
areyna@inmunobiologia.net.ve

Mendoza Marta

Centro de Estudios Biomédicos y Veterinarios
Universidad Nacional Experimental "Simón Rodríguez"
areyna@inmunobiologia.net.ve

Gómez-Piñeres Ely,

Departamento de Biología y Sanidad Animal
Universidad de Oriente
areyna@inmunobiologia.net.ve

Reyna-Bello1 Armando

Centro de Estudios Biomédicos y Veterinarios
Universidad Nacional Experimental "Simón Rodríguez"
areyna@inmunobiologia.net.ve

Fecha de recepción: 23-03-2014 Fecha de aceptación: 15-04-2014

Resumen

La bacteria *A. marginale* infecta los eritrocitos en bovinos, ocasionando un cuadro anémico que afecta la productividad del animal, siendo necesaria la aplicación de métodos de diagnóstico sensibles y específicos para el control y tratamiento de la enfermedad. En este sentido, las técnicas moleculares se han convertido en una herramienta ideal para el diagnóstico, por lo tanto, tomando en cuenta que en Venezuela se ha desarrollado la técnica de PCR empleando los cebadores 19A y 19B que amplifican el gen *msp5* de la bacteria y

el reciente diseño de los cebadores *msp2A* y *msp2B*, los cuales amplifican el gen *msp2*, se propuso evaluar la sensibilidad de ambos pares de cebadores, así como su potencial para el diagnóstico molecular. Para ello se procedió a realizar un ensayo a partir de diluciones seriadas de una muestra de ADN cuantificada de referencia positiva *A. marginale* en una población de 22 animales, mediante la técnica de PCR, empleando en ambos casos los cebadores 19A/B y *msp2A/B*, con fines comparativos. Los resultados obtenidos demostraron que la sensibilidad de los cebadores que amplifican los ge-

nes *msp2* y *msp5* fue de 0.01ng/μl, siendo similar más no idéntica, ya que la intensidad de las bandas fue mayor empleando los cebadores que amplificaron el gen *msp5*. Este hecho se evidenció al evaluar la población bovina, donde al utilizar los cebadores *msp2A/B* y 19A/19B, se obtuvo una prevalencia de 13,63% y 68,18% respectivamente, concluyendo que los cebadores 19A/B son mejores para el diagnóstico de *A. marginale* en muestras bovinas de campo.

Palabras clave: Sensibilidad; cebadores; PCR ; *A. marginale*; diagnóstico

Evaluation and comparison of the sensitivity of the primers that amplify genes msp2 and msp5 de anaplasma marginale for the diagnosis of the bovine anaplasmosis

Abstract

The bacterium *A. marginale* infects the erythrocytes in bovines, causing an anemic picture that affects the animal's productivity, being necessary the application of sensitive and specific diagnostic methods for the control and treatment of the disease. In this sense, molecular techniques have become an ideal tool for diagnosis, therefore, taking into account that in Venezuela the PCR technique has been developed using the primers 19A and 19B that amplify the msp5 gene of the bacterium

and The recent design of the primers msp2A and msp2B, which amplify the msp2 gene, aimed to evaluate the sensitivity of both pairs of primers, as well as their potential for molecular diagnosis. For this, an assay was carried out from serial dilutions of a sample of positive reference quantified DNA *A. marginale* in a population of 22 animals, using the PCR technique, using in both cases the primers 19A / B and msp2A / B, for comparative purposes. The results obtained showed that the sensitivity of the primers that amplify the msp2 and msp5 genes was 0.01ng / gl, be-

ing similar but not identical, since the intensity of the bands was greater using the primers that amplified the msp5 gene. This fact was evidenced when evaluating the bovine population, where when using the primers msp2A / B and 19A / 19B, a prevalence of 13.63% and 68.18% respectively was obtained, concluding that the primers 19A / B are better for the Diagnosis of *A. marginale* in bovine field samples.

Key words: Sensitivity; primers; PCR; *A. marginale*; diagnosis

Introducción

La anaplasmosis es causada por una bacteria Gram-negativa del orden de las *Rickettsias*, la cual ocasiona anemia severa en rumiantes, pérdida de peso, baja productividad, disminución de libido en los toros, aborto y, a veces, hasta la muerte del animal enfermo, ocasionando cuantiosas pérdidas monetarias (Rivera, 1996).

En Venezuela, la seroprevalencia de *A. marginale* varía desde 10% hasta 95%, dependiendo de la región geográfica [Rivera, (1996); Reyna-Bello *et al.*, (1998); Eleizalde *et al.*, (2007)], y presenta una amplia distribución, lo cual puede deberse a varias causas: transporte de ganado sin control sanitario, un aumento de la transmisión mecánica por los insectos vectores y el uso de jeringas contaminadas a partir de portadores asintomáticos [Kocan *et al.*, (2003)].

Actualmente, se emplean muchas y variadas técnicas para el diagnóstico de la anaplasmosis, entre ellas la más común es la observación directa por frotis [(OIE, (2001)], la cual puede originar falsos positivos debido a depósitos de precipitados sobre las células rojas similares a la rickettsia. En cuanto a su sensibilidad, ésta es capaz de detectar 106 eritrocitos infectados por mL de sangre [Torioni de Echaide *et al.*, (1998)], garantizando el diagnóstico en la fase aguda de la enfermedad [Díaz *et al.*, (2003); Eleizalde *et al.*, (2007)]. No obstante, cuando los animales se encuentran en fase de infección crónica, resulta incapaz de detectar la

infección [Díaz *et al.*, (2003); Tavares-Marques y Reyna-Bello, 2006)]. Los métodos serológicos también se emplean para el diagnóstico de esta enfermedad, siendo el Ensayo Inmunoenzimático (ELISA) el más ampliamente utilizado, por ser más sensible con respecto a otros métodos serológicos como la aglutinación en tarjeta [Barry *et al.*, (1986)] y la inmunofluorescencia indirecta (IFI) [Montenegro *et al.*, (1990)]. Entre los tipos de ELISA, el más utilizado es el ELISA indirecto (ELISAI), empleando como antígeno la proteína mayor de superficie 5 recombinante (MSP5r), la cual es conservada en todas las especies de *Anaplasma* [Visser *et al.*, (1992)], permitiendo el diagnóstico de animales en la fase crónica de la enfermedad [Knowles *et al.*, (1996); Reyna-Bello *et al.*, (1998); Tavares-Marques *et al.*, (2010)]. Sin embargo, debido a que esta técnica se fundamenta en la detección de anticuerpos contra el agente causal, no es capaz de distinguir una infección activa y una tratada. Por lo tanto, se han desarrollado otros métodos empleando técnicas de Biología Molecular, los cuales presentan una mayor sensibilidad y especificidad, permitiendo detectar el agente patógeno en las diferentes fases de la infección.

En este sentido, se ha desarrollado la técnica de PCR, la cual se basa en la amplificación de un segmento del ADN del patógeno empleando un par de cebadores específicos (Harris, 1998). La amplificación de los genes *mshp5* y *mshp2* ha sido empleada para el diagnóstico de *A. marginale*, logrando evidenciar la presencia de la bac-

teria no solo en bovinos (Eleizalde y Reyna-Bello, 2006), sino también en pequeño rumiantes (Tavares-Marques y Reyna-Bello, 2006). Sin embargo, en Venezuela, su potencial para diagnóstico no ha sido evaluado, y tomando en cuenta que el gen *mshp2* es codificado por una familia multigénica, encontrándose repetido 56 veces en el genoma de la bacteria, mientras que el gen *mshp5* es de copia simple [Brayton *et al.*, (2005)], se procedió evaluar y comparar la sensibilidad de la PCR empleando los cebadores que amplifican estos genes, así como su potencial para el diagnóstico molecular en muestras de campo.

Materiales y Métodos

Amplificación del gen *mshp2* y gen *mshp5* de *A. marginale* mediante la técnica PCR

Las reacciones de PCR fueron ejecutadas en un termociclador Cycler Eppendorf® con un volumen final de 25 µL para la amplificación de los genes *mshp5* (Tavares-Marques y Reyna-Bello, 2006) y *mshp2* (Eleizalde y Reyna-Bello, 2006). Se utilizó como control positivo ADN bovino infectado experimentalmente con un aislado de *A. marginale* procedente del Estado Zulia (Am76615) con un rickettsemia de 25% y, como control negativo, ADN de un bovino sano de referencia (ambos cuantificados previamente con el fluorómetro Qubit®).

La concentración de ADN genómico utilizada fue de 100 ng por reacción y las concentraciones de

reactivos para la mezcla de reacción, así como el protocolo de ciclado para la amplificación de los genes *msp2* y *msp5* se muestra en las Tablas 1, 2 y 3, 4 respectivamente. Los productos

se analizaron mediante electroforesis en geles de agarosa 0,8% para observar las bandas de 517 pb y 1240 pb, correspondientes a los genes *msp5* y *msp2*, respectivamente. Para la tin-

ción de los geles se utilizó SYBR® safe DNA (Invitrogen), en una relación de 1 µl por cada 10 ml de buffer TAE 1X y finalmente se visualizaron en un transiluminador Uvitec.

Tabla 1. Mezcla de reacción PCR para amplificación del gen *msp2*

Reactivo	Concentración Inicial	Concentración final	Volumen l rxn (µl)
Buffer	5X	1X	5
MgCl ₂	25 mM	3 mM	3
dNTPs	40 mM	200 µM	0,5
MSP2A	10 µM	2.5 mM	0,5
MSP2B	10 µM	2.5 mM	0,5
Taq polimerasa	5U		0,125
ADN		100 ng	
H ₂ O			
Volumen final			25

Tabla 2. Condiciones de ciclado para amplificación del gen *msp2*

Ciclo	Temp (°C)	Tiempo (min)	Repeticiones
Desnaturalización inicial	95	5	1
Desnaturalización	95	1	
Hibridación	55	1	35
Extensión	72	2	
Extensión final	72	10	1
Mantenimiento	4	∞	

Tabla 3. Concentraciones de reactivos para la amplificación del gen *msp5* (Tavares- Márques y Reyna-Bello, 2006)

Reactivo	Concentración Inicial	Concentración final	Volumen por reacción (25 µl)
Buffer	5X	1X	5
MgCl ₂	25 mM	3 mM	3
dNTPs	40 mM	200 µM	0,5
19A	10 µM	2.5 mM	0,5
19B	10 µM	2.5 mM	0,5
Taq polimerasa	5U		0,125
ADN		100 ng	
H ₂ O			
Volumen final			25

Tabla 4. Condiciones de ciclado estandarizadas para la amplificación del gen *msp5* (Tavares-Márques y Reyna-Bello, 2006)

Ciclo	Temp (°C)	Tiempo	Repeticiones
Desnaturalización inicial	94	5'	1
Desnaturalización	94	45"	
Hibridación	64	30"	
Extensión	72	1'	35
Extensión final	72	10'	1
Mantenimiento	4	∞	

Determinación de la sensibilidad de los cebadores *msp2A/B* que amplifican el gen y los cebadores 19A/B que amplifican el gen *msp5* de *A. marginale*

La muestra de ADN control positivo se diluyó en forma seriada en agua bidestilada estéril, para así obtener concentraciones desde 300 ng hasta 0,000000001 ng. Estas mues-

tras se analizaron mediante la técnica de PCR para amplificación de los genes *msp2* y *msp5* y los productos obtenidos se sometieron a electroforesis en gel de agarosa, teñidos en SYBR safe ® DNA y corridos a 90 voltios.

Diagnóstico molecular de una población bovina mediante la técnica PCR empleando los cebadores *msp2A/B* y 19A/B

Se obtuvieron 22 muestras de sangre de una población bovina procedente de la región Pao de Zarate, Estado Aragua, a partir de la vena yugular, en tubos con EDTA, para posteriormente realizar las extracciones de ADN utilizando el estuche Wizard Genomic DNA® Purification Kit A1120 (Promega), siguiendo las indicaciones de la casa comercial. Una vez obtenidas las muestras de ADN, se procedió a la realización de

la técnica PCR, empleando los cebadores específicos para la amplificación de los genes *msp2* y *msp5* de *A. marginale* y visualizando los productos en geles de agarosa 0,8% teñidos con SYBR® safe DNA.

Resultados y Discusión

Con el fin de evaluar las condiciones para la amplificación de los

genes *msp2* y *msp5*, se realizó un ensayo PCR siguiendo los protocolos reportados por Tavares-Marques y Reyna-Bello (2006) y Eleizalde y Reyna-Bello (2006), evidenciando en la reacción (empleando el ADN control positivo) la presencia de las bandas de 517 pares de bases (pb) y de 1240 pb correspondientes a los genes *msp5* y *msp2* de *A. marginale*, respectivamente; mientras que en

la reacción con ADN de un bovino negativo de referencia y la reacción control del sistema, que consistió en la reacción de PCR sin ADN, no se obtuvo producto de amplificación, evidenciando el buen funcionamiento del sistema (Figuras 1 y 2).

Figura 1. Evaluación de la amplificación del gen *msp5* mediante la técnica de PCR. Carril 1: ADN de bovino positivo a *Anaplasma marginale*; carril 2: ADN de bovino negativo a *A. marginale*; carril 3: control del sistema sin ADN. Std 1 Kb: Estándar de peso molecular de 1 kilobase.

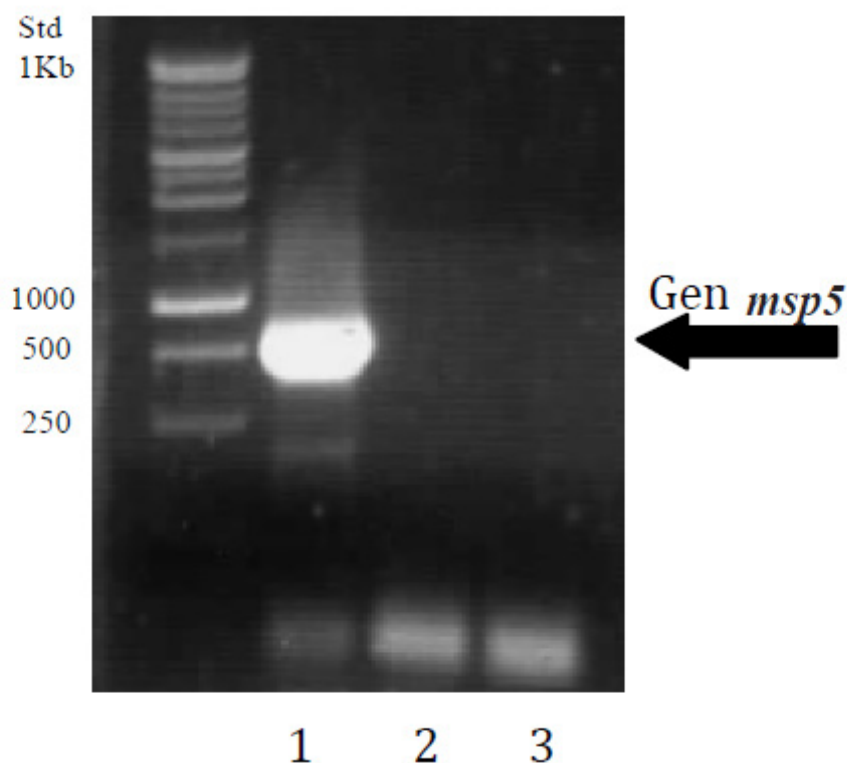
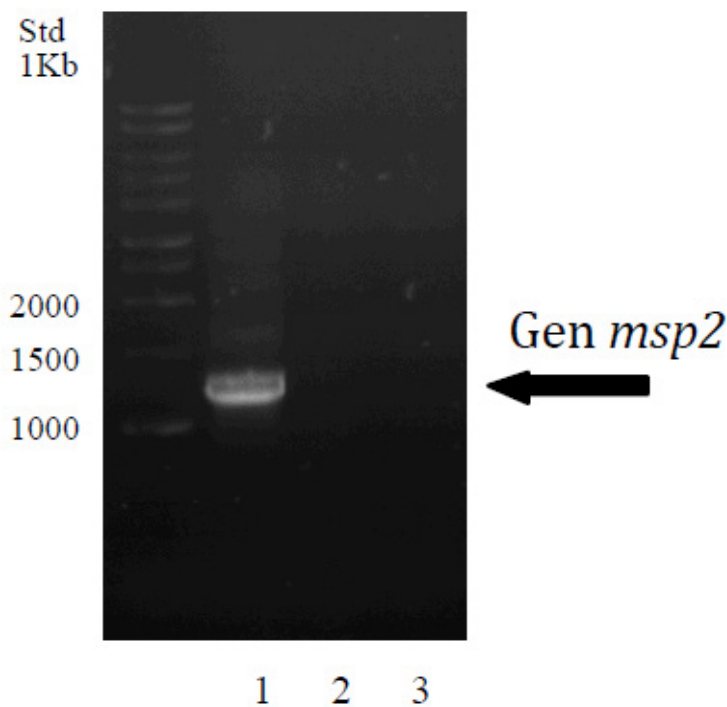


Figura 2. Amplificación del gen *msp2* de *A. marginale* utilizando los cebadores *msp2A* y *msp2B*. Carril
1. ADN proveniente de un bovino positivo a *A. marginale*; carril
2: ADN de bovino negativo; carril
3. Control sin ADN. Std 1 Kb: Estándar de peso molecular de 1 kilobase.



En cuanto a la sensibilidad, la cual es definida como la mínima cantidad de ADN necesaria para producir el amplicón esperado [Fernández *et al.*, (2009)], en las Figuras 3 y 4 se puede observar que las bandas de amplificación de 1240 pb y 517pb correspondientes a los genes *msp2* y

msp5 respectivamente, son visibles en los carriles del 1 al 6, donde la concentración de ADN varía entre 300 ng hasta 0,01 ng. Por lo tanto, se puede afirmar que la sensibilidad para ambos pares de cebadores fue similar. Sin embargo, la intensidad de las bandas fue diferente en ambos

ensayos. Los productos de amplificación del *msp5* se visualizaron como bandas más intensas, las cuales siguen mejor el patrón de dilución, en comparación con el ensayo utilizando los cebadores *msp2A/B*.

Figura 3. Evaluación de la sensibilidad de los cebadores msp2A y msp2B que amplifican el gen *msp2*, mediante la técnica de PCR utilizando diluciones sucesivas de ADN proveniente de un bovino infectado con *A. marginale* (aislado AmAPZ1). Carriles 1 al 12: Diluciones seriadas de ADN desde 300ng a 10-8 ng; carril 13: Control negativo. ADN proveniente de un bovino sano de referencia; carril 14: control sin ADN.

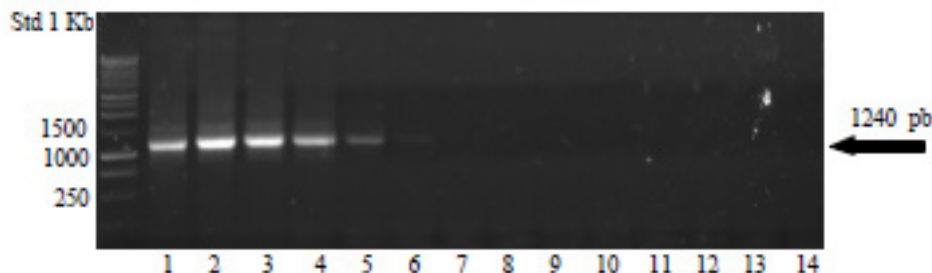
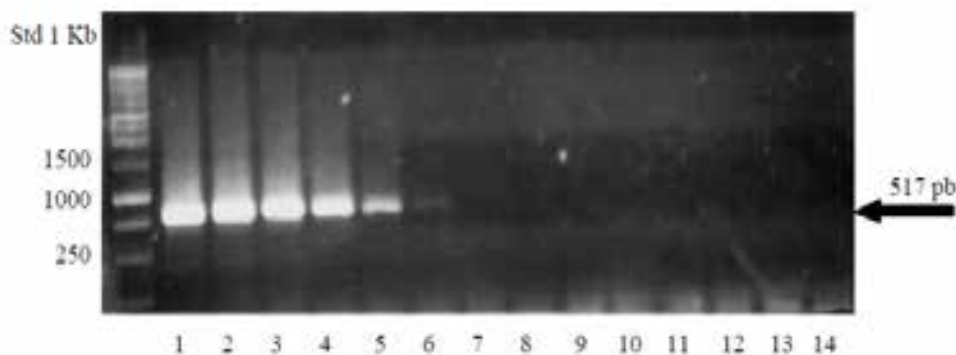


Figura 4. Evaluación de la sensibilidad de los cebadores 19A y 19B que amplifican el gen *msp5*, mediante la técnica de PCR utilizando diluciones sucesivas de ADN proveniente de un bovino infectado con *A. marginale* (aislado AmAPZ1). Carriles 1 al 12: Diluciones seriadas de ADN desde 300ng a 10-8 ng; carril 13: Control negativo. ADN proveniente de un bovino sano de referencia; carril 14: control sin ADN.



Por otra parte, al evaluar el porcentaje de detección para el diagnóstico de la anaplasmosis bovina de los cebadores en la población bovina, se obtuvo como resultado que al utilizar los cebadores msp2A/B (Figura 5), correspondientes al gen *msp2*, solo tres de las muestras evaluadas resultaron positivas, es decir, 13,63 % de la población analizada. Mientras que utilizando los cebadores 19A/19B, correspondientes al gen *msp5*, 15

muestras resultaron positivas (Figura 6), lo cual corresponde a 68,18% de la población.

Se ha reportado que la amplificación mediante la técnica PCR depende de la cantidad y calidad de la muestra de ADN, así como del número de veces que se repite la secuencia blanca en el genoma del organismo y de la longitud y homología de los cebadores [Harris,

(1998); Fernández *et al.*, (2009)]. De acuerdo con esto, y tomando en cuenta que: (1) para la evaluación de ambos pares de cebadores se emplearon las mismas muestras de ADN en la misma cantidad; (2) Los cebadores en estudios poseen una longitud similar y (3) el gen *msp5* existe en copia única, mientras que el gen *msp2* es multicopia [Brayton *et al.*, (2005)], es posible que un menor porcentaje de detección para la PCR,

empleando los cebadores mspA/B, se deba a una menor homología de los mismos con su secuencia blanco. Estudios recientes en nuestro laboratorio han evidenciado que las regiones terminales del gen *msp2*, las cuales han sido reportadas como altamente conservadas [Barbet *et al.*, (2000); Brayton *et al.*, (2005)] y a partir de las cuales se diseñaron los cebadores msp2A/B, presentan hasta diez variaciones nucleotídicas entre aislados venezolanos, lo cual podría contribuir al bajo porcentaje de detección para la Anaplasmosis bovina para la PCR utilizando estos cebadores. Adicionalmente, los cebadores msp2A/B fueron incapaces de detectar la presencia de la bacteria en bovinos procedentes de El Baúl, estado Cojedes, cuyo diagnóstico por frotis resultó positivo, mientras que la PCR empleando los cebadores 19A/B si fueron capaces de detectar la presencia del agente (resultados no mostrados). Por lo tanto, se recomienda el uso de la PCR empleando los cebadores 19A/B que amplifican el gen *msp5* para el diagnóstico de la Anaplasmosis bovina y el establecimiento de la prevalencia de la enfermedad en los rebaños nacionales.

Conclusiones

Los resultados obtenidos en el presente trabajo demuestran que los cebadores 19A/B son mejores para el diagnóstico de *A. marginale* en muestras de campo, debido a que amplifican un gen más conservado, mientras que las variaciones nucleotídicas halladas en los extremos conservados del gen *msp2* pudiesen

influir negativamente en la eficiencia de la técnica; más aún, cuando trabajos realizados en nuestro laboratorio demuestran que estas variaciones divergen entre aislados, resultando así un falso negativo como diagnóstico, lo cual fue evidenciado en este estudio al evaluar la población bovina de la región del Pao de Zarate.

Referencias Bibliográficas

- Barbet, A.F.; Lundgren, A.; Yi, J.; Rurangirwa, F.R.; Palmer, G.H. (2000). Antigenic variation of *Anaplasma marginale* by Expression of MSP2 Mosaics. *Infection and Immunity*. 68(11):6133-6138.
- Barry, D.N., Parker, R.J., De Vos, A.J., Dunster, P., Rodwell, B.J. (1986). A Microplate Enzyme-Linked Immunoabsorbent Assay for Measuring Antibody to *Anaplasma marginale* in Cattle Serum. *Australian Veterinary Journal*. 63(3): 76-79.
- Brayton, K. A., Kappmeyer, L. S., Herndon, D. R., Dark, M. J., Tibbals, D. L., Palmer, G. H. Knowles, D. P. (2005). Complete genome sequencing of *Anaplasma marginale* reveals that the surface is skewed to two superfamilies of outer membrane proteins. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 102(3), 844-849.
- Díaz, D.; Valera, Z.; Andrade, E.; Parrera, O.; Escalona, F.; Ramírez, R. (2003). Prevalencia de *Anaplasma marginale* en Bovinos, Sector La Piñata, Municipio La Cañada de Urdaneta, Estado Zulia, Venezuela. *Revista Científica de la Facultad de Ciencias Veterinarias-LUZ*. 13(3):193-198.
- Eleizalde, M.C.; Caballero, H., Reyna-Bello, A. (2007). Evaluación y Mejoramiento del Ensayo Inmunoenzimático (ELISA) Para Diagnóstico de la Anaplasmosis Bovina. *Revista Científica. Facultad de Ciencias Veterinarias-LUZ*. 17(4): 349-356.
- Eleizalde, M.C.; Reyna-Bello, A. (2006). Diagnóstico por PCR de la Anaplasmosis Bovina Utilizando el gen *msp2* de *A. marginale*. AsoVAC. Cumaná-Venezuela.
- Fernández, D.; Eleizalde, M.C.; González-Baradat, B.; González-Marciano, E.; Perrone, T.; Mendoza, M. (2009). *Trypanosoma evansi*: A Comparison of PCR and Parasitological Diagnosis Test in Experimentally Infected Mice. *Experimental Parasitology*. 121: 1-7.
- Harris, E. (1998). A Low-cost Approach to PCR. New York, USA, Oxford University Press. 304pp.
- Knowles, D., Torioni de Ecahide, S., Palmer, G.H., McGuire, T.C., Stiller, D., McElwain, T.F. (1996). Antibody against an *Anaplasma marginale* MSP5 Epitope common to Tick and Erythrocyte Stages Identifies Persistently In-

- fected Cattle. *Journal of Clinical Microbiology*. 34:2225-2230.
- Kocan, K.M., De la Fuente, J., Guglielmone, J. A., Meléndez, R.D. (2003). Antigens and alternatives for control of *Anaplasma marginale* infection cattle. *Clinical Microbiology Review*. 16(4): 698-712.
- Montenegro-James, S., Guillén, T., Tapang, P., Abdel-Gawad, A., Toro, M. and Ristic, M. (1990). Use of the Dot Enzyme-Linked Immunoabsorbent Assay with Isolate *Anaplasma marginale* Initial Bodies for Serodiagnosis of Anaplasmosis in Cattle. *American Journal Veterinary Research*. 51(10): 1518-1521.
- OIE. Organización Internacional de Epizootia. 2008. Manual de la OIE sobre animales terrestres. Cap. 2.4.1. Anaplasmosis bovina. pp: 1-13.
- Reyna-Bello, A.; Cloeckert, A.; Vizcaíno, N.; Gonzatti, M.; Aso, P.; Dubray, G.; Zigmunt, M. (1998). Evaluation of an Enzyme-Linked Immunoabsorbent Assay Using Recombinant Major Surface Protein 5 for Serological Diagnosis of Bovine Anaplasmosis in Venezuela. *Clinical and Diagnostic Laboratory Immunology*. 5(2): 259-262.
- Rivera, M. (1996). Hemoparasitosis Bovina. Caracas, Universidad Central de Venezuela. Ediciones Anaco. 238pp.
- Tavares-Marques, L., Nunez, C., Rey-Valerion, C., Reyna-Bello, A. 2010. Serological evidence of *Anaplasma spp.* in small ruminants from Venezuela using recombinant MSP5 in immunoenzymatic assay. *Revista Científica Facultad de Ciencias Veterinarias -LUZ*. 20(5): 506- 511
- Tavares-Marques, L.; Reyna-Bello, A. (2006). Estandarización de la técnica de PCR para el diagnóstico de la anaplasmosis bovina y ovina. *Agronomía Tropical*. (56)4: 501-502.
- Torioni de Echaide, S.; Knowles, D.; McGuire, T.; Palmer, G.; Suarez, C.; McElwain, T. (1998). Detection of Cattle Naturally Infected with *Anaplasma marginale* in a Region of Endemicity by Nested PCR and a Competitive Enzyme Linked Immunoabsorbent Assay Using Recombinant Major Surface Protein 5. *Journal of clinical Microbiology*. 36(3): 777-782.
- Visser, E.; McGuire, T.; Palmer, G.; Davis, W.; Shkap, V.; Pipano, E.; Knowles, Jr. (1992). The *Anaplasma marginale msp5* Gene Encode a 19 Kilodalton Protein Conserved in All Recognized *Anaplasma* Species. *Infection and immunity*. 60(12): 5139- 5144.

Salinidad del agua en el epilimnion del Lago de Maracaibo

Troncone Federico
División de Calidad de Agua
Gerencia de Investigación Ambiental
ICLAM.
ftroncone@iclam.gob.ve
Zulia – Venezuela

Ochoa Enrique
División de Calidad de Agua
Gerencia de Investigación Ambiental
ICLAM.
ftroncone@iclam.gob.ve
Zulia - Venezuela

Sánchez José
División de Calidad de Agua
Gerencia de Investigación Ambiental
ICLAM.
ftroncone@iclam.gob.ve
Zulia - Venezuela

Rivas Zulay
División de Calidad de Agua
Gerencia de Investigación Ambiental
ICLAM.
ftroncone@iclam.gob.ve
Zulia – Venezuela

Rivas Zulay
Márquez Rómulo
División de Calidad de Agua
Gerencia de Investigación Ambiental
ICLAM.
ftroncone@iclam.gob.ve
Zulia - Venezuela

Castejón Olga
División de Calidad de Agua
Gerencia de Investigación Ambiental
ICLAM.
ftroncone@iclam.gob.ve
Zulia - Venezuela

Fecha de recepción: 16-03-2014 Fecha de aceptación: 19-05-2014

Resumen

El Lago de Maracaibo es el reservorio de agua más grande de Suramérica y el mayor del mundo con salida al mar. Forma parte del Sistema de Maracaibo compuesto por el Saco, el Golfo de Venezuela, la Bahía El Tablazo, el Estrecho y los ríos tributarios. Tiene forma de saco y ocupa 12.958 Km². A este cuerpo de agua descargan la mayoría de los 135 ríos del sistema y su volumen aproximado es de 283.000 millones de m³. La cuenca está rodeada al este, sur y oeste por cadenas de montañas

dispuestas en forma de herradura. En el pasado, fue un cuerpo de agua dulce, un levantamiento del nivel del mar durante el último período de glaciación, creó una comunicación con el mar. La salinidad del agua ha aumentado con los años debido al dragado del Canal de Navegación, en el pasado, sus aguas se usaron para el abastecimiento humano de las poblaciones costeras. Desde 1937, se tienen registros de la salinidad del agua en el epilimnion que muestran este incremento general. Sin embargo, las mediciones realizadas desde 1990, indican que su salinidad ha

venido reduciéndose en los últimos años, pasando de 2,06 S‰ en agosto-septiembre 2011 a 1,98 S‰ en febrero 2012 y a 1,84 S‰ en abril-mayo 2012, debido probablemente a la alta variabilidad climática de los últimos años y a períodos multianuales lluviosos. Estos relativamente bajos valores de salinidad, no se habían registrado desde 1972.

Palabras clave: Salinidad; epilimnion; columna de agua; canal de navegación; Lago de Maracaibo

Water salinity in the epilimnion of the Maracaibo Lake

Abstract

Lake Maracaibo is the largest reservoir of water in South America and the largest in the world with access to the sea. It is part of the Maracaibo System composed of the Saco, the Gulf of Venezuela, the El Tablazo Bay, the Strait and the tributary rivers. It has a bag shape and occupies 12,958 km². This body of water discharges most of the 135 rivers of the system and its approximate volume is 283,000 million m³. The basin is surrounded to the east, south and west

by chains of mountains arranged in a horseshoe shape. In the past, it was a body of fresh water, an elevation of the sea level during the last period of glaciation, I create a communication with the sea. The salinity of the water has increased with the years due to the dredging of the Navigation Channel, in the past, its waters were used for the human supply of the coastal populations. Since 1937, there are records of the salinity of the water in the epilimnion that show this general increase. However, measurements made since 1990 indicate that sali-

nity has been decreasing in recent years, from 2.06% in August-September 2011 to 1.98% in February 2012 and 1.84% in September. April-May 2012, probably due to the high climatic variability of recent years and rainy multi-year periods. These relatively low salinity values had not been recorded since 1972.

Keywords: Salinity; epilimnion; water column; navigation channel; Lake Maracaibo

Introducción

El Lago de Maracaibo, es el reservorio de agua más grande de Suramérica y el mayor del mundo con salida al mar. Este fue un cuerpo de agua dulce, un levantamiento del nivel del mar durante el último período de glaciación, creó una comunicación con el mar. Por otro lado, la salinidad del agua del lago ha aumentado con los años debido al dragado del Canal de Navegación, a través del cual han venido penetrando aguas salinas hasta el interior del saco, provenientes del Golfo de Venezuela, en el pasado reciente, estas aguas se usaron para abastecimiento humano de las poblaciones costeras, tales como Cabimas e incluso Maracaibo. Existe información sobre la calidad del agua de este cuerpo de agua desde los tiempos de la conquista. Una “Descripción de la ciudad de Nueva Zamora, su término y Laguna de Maracaibo, hecha por Rodrigo de Argüelles y Gaspar de Párraga (1579), de orden del gobernador Don Juan Pimentel” enuncia que la laguna era “toda ella dulce (por serlo el agua de que se hace), hasta el pueblo de Maracaibo.

Cuando soplan los (vientos del) Norte entra agua salada a mezclarse con la dulce hasta el pueblo de Maracaibo, pero cuando no, allí se coge agua de beber” (Urdaneta de Cardozo, 2006). En el pasado reciente, el lago prestó servicio en todos los órdenes de la vida a las poblaciones asentadas a su alrededor y eso marcó la realidad del zuliano durante siglos. La relación diaria más importante provenía de los beneficios

que el lugareño obtenía de sus aguas para proveerse de alimento y para las tareas de aseo personal, limpieza o riego y para beberla en aquellas poblaciones alejadas de los ríos y otros reservorios de agua dulce, incluida Maracaibo, capital del Estado (Bermúdez, 2006). La mayoría de los habitantes de Maracaibo, se proveían de sus aguas y de pozos artesianos, directamente o a través de muchachos montados en burros que recorrían la ciudad vendiendo el producto, conocidos popularmente como los “aguadores”.

Sólo unos pocos privilegiados podían consumir agua dulce de los depósitos o aljibes donde recogían el agua de lluvia. Beber agua del lago formó parte del acto de sobrevivencia de la generalidad de los zulianos; de este modo el lavado de la ropa, la limpieza de las casas y el riego de las plantas se efectuaban también con el líquido lacustre, reflejando todo ello el grado de dependencia y la estrecha relación vivencial y afectiva que se había creado (Bermúdez, 2006). Sin embargo, las primeras noticias sobre alteraciones en la calidad del agua de este gran reservorio se debieron a los derrames de hidrocarburos. Reportes de la Memoria de la Secretaría de Gobierno del estado Zulia, Año 1926. Tomo 1. Legajo 1, del 2 de agosto de 1926, dan cuenta de ello, tal y como reza, Comunidades de Cabimas, Lagunillas, La Rosa, entre otras, reclamaron la actuación de las autoridades debido a la imposibilidad de tomar agua del mismo por esos derrames de petróleo.

Otro ejemplo de ello, una comunicación del Jefe Civil del Distrito Bolívar, Pedro Pinto, en la cual informaba al Secretario de Gobierno: en vista de la urgente necesidad que tiene el pueblo de Cabimas y los caseríos La Rosa, La Salina y San Ambrosio del agua para sus usos domésticos, debido a que el agua del lago que siempre han usado estos pueblos para tal fin, se ha hecho hoy inservible por la gran cantidad de petróleo que contiene, petróleo que proviene de los taladros que las compañías tienen establecidos en el agua. En otra comunicación del mismo año (1926), dirigida al Jefe Civil del Distrito Bolívar puede verificarse una queja de los habitantes de Lagunillas por la contaminación de sus aguas con petróleo debido a la “invasión de compañías petrolíferas”, lo cual les impedía su uso para beberla, situación que había conducido al encarecimiento del agua potable; en ella expresaban que reclamaban un derecho y exigían justicia, ya que debido a la inundación de los aceites producidos se ha inutilizado las aguas para toda clase de uso (Bermúdez, 2006).

La salinidad es una propiedad importante de los cuerpos de agua naturales. Este parámetro es una medida de la cantidad total de sales disueltas en un volumen determinado de agua. Se puede determinar la salinidad del agua a partir de las determinaciones de conductividad, densidad, índice de refracción o velocidad del sonido en agua (American Public Health Association, American Water Works Association, and the Water Environmental Federation, 2005). En el

Lago de Maracaibo, la columna de agua está estratificada por salinidad, formándose un hipolimnion en forma de cono, definido por salinidades mayores y menores temperaturas que las del agua del epilimnion que se superponen y que circulan alrededor del hipolimnion en sentido contrario a las agujas del reloj (Parri-Pardi, 1986).

Las características fisicoquímicas de las aguas del epilimnion son producto de la mezcla de las aguas mas salinas que provienen del golfo y las aguas dulces de los ríos. Desde 1937, se tienen registros de la salinidad del agua en el epilimnion del lago que muestran un incremento general. Es-

tas mediciones de salinidad se han realizado por diferentes métodos, a partir de los años 90 se ha venido utilizando sensores conductímetros montados en sondas multiparamétricas. Aunque se mantiene creciente, la tendencia de la salinidad del agua ha venido revirtiéndose desde el 2004.

Descripción del área de estudio

El Lago de Maracaibo tiene forma de saco y forma parte de Sistema de Maracaibo compuesto por el Lago propiamente dicho, el Golfo de Venezuela, la Bahía El Tablazo, el Estrecho de Maracaibo y los ríos tributarios (Figura 1). Se encuentra

localizado geográficamente entre los $70^{\circ} 30'$ y $73^{\circ} 24'$ de longitud Oeste y entre los $8^{\circ} 22'$ y $11^{\circ} 51'$ de latitud Norte, ocupa un área de 12.958,42 Km², una longitud de 150 Km. en dirección norte-sur y 110 Km. en la parte más ancha en dirección oeste-este. A este cuerpo de agua llegan la mayoría de los 135 ríos del sistema de entre los cuales destacan el río Catatumbo que aporta más del 50 % del agua dulce y otros afluentes, tales como, los ríos Santa Ana, Escalante, Motatán y Chama. Su volumen es de 283.000 millones de m³ de agua. Su profundidad media es de 25 m con la máxima de 32 m en la zona centro suroriental.



Figura 1. Sistema del Lago de Maracaibo

La Cuenca del Lago de Maracaibo está rodeada al este, sur y oeste por cadenas de altas montañas que se disponen en forma de herradura alrededor del saco. Es un cuerpo de agua estuarino que está conectado con el golfo de Venezuela a través del estrecho de Maracaibo y la bahía del Tablazo. En el se mezclan las aguas salinas que penetran a través del canal de navegación, procedentes del Golfo de Venezuela, con las aguas dulces de los ríos. El agua de mar por ser más densa que el agua dulce, penetra por el fondo del canal y en la mayor parte del año alcanza el centro del Lago de Maracaibo, originando al llamado cono hipolimnético, masa de agua del fondo, más densa que la superficial que impide la mezcla vertical, el cual es muy consistente y de gran tamaño, con su base en el área central del fondo del lago y su ápex en un punto variable cerca del centro, entre 5 y 15 m de profundi-

dad. El cono contiene aguas anóxicas con una salinidad incrementada casi cuatro veces en los últimos 50 años, debido a la intrusión de agua de mar diluida, que al llegar a las partes más profundas, es incorporada al hipolimnio y lentamente dispersada hacia el epilimnio, lo cual hace que las aguas del lago se encuentren estratificadas [Torres *et al.*, (2002)]. Antes de la construcción del canal, la Barra de Maracaibo y Bahía del Tablazo con sus aguas muy someras, servían de barrera impidiendo la entrada de agua salada al lago, formándose una región estuarina entre la parte sur del Golfo de Venezuela y el Estrecho de Maracaibo. Previo al año 1938, la navegación se realizaba a través de los canales Larrazábal y Zaporita con profundidades bajas de 2,25 a 4,35 metros (Bautista, 1997). De 1953 a 1956 se lleva el canal a 10 m de profundidad como mínimo y en 1963 se culminan los trabajos de profundiza-

ción del canal a la profundidad actual de 13 m (45 pies).

Materiales y Métodos

Recolección de datos

Los datos de salinidad fueron obtenidos de diferentes fuentes y abarcan los periodos de lluvia, sequía e intermedios (Tabla 1). Desde 1952 en adelante, se realizaron mediciones en la columna de agua. Sin embargo, la sistematización en la ubicación de las estaciones de muestreo y en las profundidades de medición arranca a partir de 1976 con los trabajos de Parra-Pardi y MARN-DISCA. Desde mediados de los años 80, los datos de salinidad resultaron de campañas de mediciones realizadas por el Instituto para la Conservación de la Cuenca del Lago de Maracaibo (ICLAM), para lo cual se utilizaron sondas multiparamétricas.

Tabla 1. Fuentes de los datos de salinidad del agua del Lago de Maracaibo

Año	Referencia	Año	Referencia
1937-1942	U.S. Army Corps of Engineers Waterways Experiment Station (1938), Harris (1947)	Enero 1973	
1942-46	Harris (1947)	Septiembre 1973	Batelle (1974)
1947-1952	Chuck (1952)	Noviembre 1973	
Octubre 1952	Gestner (1953)	Diciembre 1973	
Mayo 1953	Redfield (1955)	Enero 1974	
Marzo 1954		Marzo 1974	
Diciembre 1958	Boscan (1959)	Septiembre 1976	
Mayo 1959	González (1967)	Noviembre 1976	
Octubre 1962	González-Pozo (1962)	Marzo 1977	MARN-DISCA (Parra Pardi, 1979)
Junio 1964	Rodríguez (1964)	Junio 1977	
Octubre 1965	Rodríguez <i>et al.</i> (1966)	Octubre 1977	
Octubre 1969		Marzo 1978	
Julio 1970		Junio 1978	
Diciembre 1971	Boscan <i>et al.</i> (1972)	Diciembre 1980	ESCAM-Lagoven (Parra Pardi, 1986)
		Septiembre 1984	
Septiembre 1972		Noviembre 1986	ICLAM (2013)
		Mayo 2012	

Procesamiento y análisis de los datos

El procesamiento y análisis estadístico se realizó utilizando el programa Statgraphics Plus for Windows (Manugistic Inc. and Statistical Graphics Corporation, 1999). Se calcularon las medias de los valores de salinidad para toda la columna

de agua y las medias de los valores de salinidad para las profundidades del epilimnion en las estaciones de muestreo ubicadas en el saco. Se realizaron pruebas de comparación de medias y de desviaciones estándar para determinar si existen diferencias significativas entre las medias calculadas con los datos de toda la columna de agua y las medias de los

datos del epilimnion para 14 campañas de mediciones efectuadas del 2001 al 2009. Se obtuvieron y analizaron las series de tiempo de la salinidad del agua en el epilimnion del Lago de Maracaibo. A las series de tiempo se le calculó la tendencia por regresión lineal (Tabla 2).

Tabla 2. Resumen estadístico para las dos muestras de datos

	Sal_Total	Sal_Epi
Recuento	14	14
Promedio	4,24429	3,74286
Desviación Estándar	0,865445	0,718764
Coefficiente de Variación	20,3908 %	19,2036 %
Mínimo	2,89	2,75
Máximo	5,45	4,92
Rango	2,56	2,17
Sesgo Estandarizado	-0,00461757	0,37222
Curtosis Estandarizada	-1,16844	-1,18963

Comparación de medias

Intervalos de confianza del 95,0% para la media de Sal_Total: 4,24429 +/- 0,499694 [3,74459, 4,74398]

Intervalos de confianza del 95,0% para la media de Sal_Epi: 3,74286 +/- 0,415003 [3,32785, 4,15786]

Intervalos de confianza del 95,0% para la diferencia de medias suponiendo varianzas iguales: 0,501429 +/- 0,618033 [-0,116605, 1,11946]

Prueba t para comparar medias

Hipótesis nula: media1 = media2

Hipótesis Alt.: media1 > media2 suponiendo varianzas iguales: t =

1,66772 valor-P = 0,107374

No se rechaza la hipótesis nula para alfa = 0,05.

Prueba-t para comparar las medias de las dos muestras. También construye los intervalos de confianza para cada media y para la diferencia entre las medias. El intervalo de confianza para la diferencia entre las medias se extiende desde -0,116605 hasta 1,11946. Puesto que el intervalo contiene el valor de 0, no hay diferencia significativa entre las medias de las dos muestras de datos, con un nivel de confianza del 95,0%.

Prueba-t para evaluar hipótesis específicas acerca de la diferencia entre las medias de las poblaciones de las cuales provienen las dos muestras. En este caso, la prueba se ha construido para determinar si la diferencia entre las dos medias es igual a 0,0 versus la hipótesis alterna de que la diferencia no es igual a 0,0. Puesto que el valor-P calculado no es menor que 0,05, no se puede rechazar la hipótesis nula. La Tabla 3 muestra el Resumen estadístico para comparación de desviaciones estándar.

Tabla 3. Resumen estadístico para comparación de desviaciones estándar

	Sal_Total	Sal_Epi
Desviación Estándar	0,865445	0,718764
Varianza	0,748996	0,516622
Gl	13	13

Nota: Razón de Varianzas = 1,44979

Intervalos de confianza del 95,0%

Desviación Estándar de Sal_Total:
[0,627408, 1,39427]

Desviación Estándar de Sal_Epi:
[0,521071, 1,15796]

Razones de Varianzas: [0,465418,
4,51616]

Prueba-F para comparar Desviaciones Estándar

Hipótesis Nula: $\sigma_1 = \sigma_2$

Hipótesis Alt.: $\sigma_1 < \sigma_2$

$F = 1,44979$ valor- $P = 0,51246$

No se rechaza la hipótesis nula para $\alpha = 0,05$.

Prueba-F para comparar las varianzas de las dos muestras. Intervalo de confianza para la razón de varianzas, se extiende desde 0,465418 hasta 4,51616. Puesto que el intervalo contiene el valor de 1, no hay diferencia estadísticamente significativa entre las desviaciones estándar de las dos muestras con un nivel de confianza del 95,0%.

Prueba-F para evaluar una hipótesis específica acerca de las desviaciones estándar de las poblaciones de las cuales provienen las dos muestras. Puesto que el valor- P calculado no es menor que 0,05; no se puede rechazar la hipótesis nula.

Prueba de Kolmogorov-Smirnov

Estadístico DN estimado = 0,428571

Estadístico K-S bilateral para muestras grandes = 1,13389

Valor P aproximado = 0,152887

Prueba de Kolmogorov-Smirnov para comparar las distribuciones de las dos muestras. La distancia máxima es 0,428571. Debido a que el valor- P es mayor ó igual que 0,05, no hay diferencia estadísticamente significativa entre las dos distribuciones con un 95,0% .

Las pruebas estadísticas realizadas demuestran que se puede utilizar la salinidad del agua en el epilimnion como indicador de salinidad, ya que no existen diferencias significativas

entre la salinidad promedio del agua en el epilimnion y la salinidad promedio de la columna de agua en el Lago, lo cual desde el punto de vista hidrodinámico es lógico, ya que las características fisicoquímicas del agua en el epilimnion son el producto final de la mezcla de las aguas mas salinas y las aguas dulces de los ríos. Aunque se mantiene creciente (Figura 2), la tendencia de la salinidad del agua del Lago ha venido revirtiéndose desde el 2004. Las mediciones realizadas, indican que la salinidad promedio del agua en la zona mezclada o epilimnion ha venido reduciéndose en los últimos años pasando de 2,06 S‰ en agosto-septiembre 2011 a 1,98 S‰ en febrero 2012 y a 1,84 S‰ en abril-mayo 2012, debido probablemente a la alta variabilidad climática de los últimos años y a períodos multianuales lluviosos. Estos relativamente bajos valores de salinidad del agua del Lago, no se habían registrado desde 1972.

Figura 2. Evolución y tendencia de la salinidad del agua del Lago de Maracaibo



Conclusiones

La salinidad promedio del agua del lago (en zona mezclada o epilimnion) ha venido reduciéndose, pasando de 2,06 S‰ en agosto-septiembre 2011 a 1,98 S‰ en febrero 2012 y a 1,84 S‰ en abril-mayo 2012.

Estos relativamente bajos valores de la salinidad del agua del Lago de Maracaibo, no se habían registrado desde 1972, debido probablemente a la alta variabilidad climática de los últimos años y a períodos multianuales lluviosos.

La tendencia de la salinidad en el Lago de Maracaibo se mantiene creciente.

La salinidad se ha incrementado más de tres veces en los últimos 50 años, debido a la intrusión salina a través del canal de navegación desde el Golfo de Venezuela.

Referencias Bibliográficas

- APHA. (2005). American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environmental Federation. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 21th Edition. Washington, USA.
- Battelle. (1974). Studies on the effects of oil discharges and domestic and industrial waste-waters on the fisheries of Lake Maracaibo, Venezuela. Vol. I. Ecological characterization and industrial wastes. Batelle, Pacific Northwest Laboratories. 180 pp.
- Bautista, S. (1997). Proceso de Salinización del Lago de Maracaibo. ICLAM-LUZ-CORPOZULIA.
- Bermúdez, N. (2006). Los derrames de petróleo en el Lago de Maracaibo entre 1922 y 1928. En: Procesos Históricos. Revista Semestral de Historia y Ciencias Sociales. Número 9. Universidad de Los Andes. Mérida-Venezuela
- Chuck, F. (1952). The Tereido problem in Lake Maracaibo. Unpublished Manuscript. Creole Petroleum Corporation.
- Gessner, F. (1953). Investigaciones Hidrográficas en el Lago de Maracaibo. Acta Cient. Venezolana. 4, 173-177.
- Harris, R.M. (1947). Report on freshwater investigations, Lake Maracaibo. Unpublished Manuscript. Creole Petroleum Corporation.
- ICLAM. (2013). Instituto para el control y la conservación del Lago de Maracaibo. Monitoreo ambiental del Lago de Maracai-

- bo. Informe de Resultados. IC-2013-04-079. 40 pp.
- Manugistics and Statistical Graphics Corporation (1999). Statgraphics Plus for Windows 32-Bit Operating Systems. USA
- Parra Pardi, G. (1979) Estudio integral sobre la contaminación del Lago de Maracaibo y sus afluentes. Parte II. Evaluación del proceso de eutroficación. Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables. Caracas. 235 pp.
- Parra-Pardi, G. (1986). La conservación del Lago de Maracaibo. Diagnóstico Ecológico y Plan Maestro. Lagoven Filial de Petróleos de Venezuela. S.A.
- Redfield, A.C.; Ketchum, B.H.; Bumpus, D.F. (1955). Report to Creole Petroleum Corporation on the hydrography of Lake Maracaibo, Venezuela. Unpublished Manuscript Reference 55-9. Woods Hole Oceanographic Institution.
- Torres, J.C.; González, G.; Troncone, F. (2002). Determinación de sulfatos en muestras de la columna de agua del Lago de Maracaibo, Venezuela. Ciencia. 10 (2):168-177.
- U.S. Army Corps of Engineers Waterways Experiment Station, (1938). Model Study of channel improvements at outer Bar Lake of Maracaibo, Venezuela. Technical memorandum N° 106-1. Volume N° 1
- Urdaneta, A.; Cardozo, G.; Parra, I. (2006). Los orígenes de Maracaibo y el dominio del lago: diversidad social y mestizaje. En: Procesos Históricos. Revista Semestral de Historia y Ciencias Sociales. Número 10. Universidad de Los Andes. Mérida-Venezuela
- Wetzel, R. (1981). Limnología. Ediciones Omega. S.A., Casanova, Barcelona, España.

Línea de tiempo de parámetros físico-químicos del agua del río turbio para la gestión mediante el modelo arcal-rla 010

Glexi Adan

Universidad Politécnica Territorial del estado Lara “Andrés Eloy Blanco”
Doctorante en Ingeniería Área Ambiente
Universidad de Carabobo.
glexiadan@hotmail.com
Venezuela

Magdiel Guédez

Universidad Politécnica Territorial del estado Lara “Andrés Eloy Blanco”
glexiadan@hotmail.com
Venezuela

Asuaje Juana

Decanato de Agronomía, Departamento de Química y Suelos
Universidad Nacional Lisandro Alvarado- (UCLA)
glexiadan@hotmail.com
Venezuela

Yngrid Segura

Decanato de Agronomía, Departamento de Química y Suelos
Universidad Nacional Lisandro Alvarado- (UCLA)
glexiadan@hotmail.com
Venezuela

Ronaldo Durán

Decanato de Agronomía, Departamento de Química y Suelos
Universidad Nacional Lisandro Alvarado- (UCLA)
glexiadan@hotmail.com
Venezuela

Lué M. Marcó Parra

Decanato de Agronomía, Departamento de Química y Suelos
Universidad Nacional Lisandro Alvarado- (UCLA)
glexiadan@hotmail.com
Venezuela

Andreína Colmenarez

Universidad Politécnica Territorial del estado Lara “Andrés Eloy Blanco”
glexiadan@hotmail.com
Venezuela

Gosmyr G. Torres

Decanato de Agronomía, Departamento de Química y Suelos
Universidad Nacional Lisandro Alvarado- (UCLA)
glexiadan@hotmail.com
Venezuela

Jesús Rojas

Decanato de Agronomía, Departamento de Química y Suelos
Universidad Nacional Lisandro Alvarado- (UCLA)
glexiadan@hotmail.com
Venezuela

Fecha de recepción: 03-03-2014

Fecha de aceptación: 25-04-2014

Resumen

El estudio de la problemática ambiental que presenta el Río Turbio ha sido abordado a lo largo de los años por distintos investigadores, por constituir un acuífero importante en la región en la cual se encuentra. Según registros de datos históricos recabados y de estudios propios, se observa que las condiciones y características de dicho acuífero manifiestan deterioro por la intervención del hombre. El propósito de establecer la línea de tiempo de parámetros físico-químicos de calidad del agua del Río Turbio, permite comparar y validar información de la calidad de agua con fines de establecer la gestión de las cuencas basada en los lineamientos del Proyecto ARCAL-RLA 010, referido a la mejo-

ra de masas de aguas superficiales contaminadas con metales. El diseño del estudio, de tipo descriptivo, se estructuró en las siguientes etapas: (a) muestreo; (b) análisis de parámetros físico-químicos; (c) comparación de los resultados. El muestreo y análisis se realizaron considerando los procedimientos establecidos en el Manual de Protocolos Armonizados y Evaluados ARCAL y Normas Convenio 2079:2002. Las estaciones de muestreo seleccionadas fueron: (a) Buena Vista; (b) Quebrada 171; (c) Puente Las Damas; (d) Río Claro; (e) Guardagallo; (e) Matadero; y (f) Santa Rosa. La comparación de los resultados se realizó con los estándares de calidad de los valores máximos permisibles que establece la normativa ambiental, con datos históricos y con los obtenidos bajo el modelo AR-

CAL-RLA010; algunos parámetros presentan variaciones relacionadas con la exposición a fuentes difusas y sus niveles aumentan a medida que el cuerpo de agua atraviesa la ciudad de Barquisimeto. Se observa el aumento de los niveles de algunos de ellos en función del tiempo. Para los metales se observa una disminución de los niveles en el tiempo y variaciones puntuales entre estaciones. La turbidez en todos los casos sobrepasa los valores máximos permisibles. La mayoría de los parámetros se encuentran dentro de los límites permisibles.

Palabras clave: Parámetros físico-químicos; Río Turbio; Proyecto ARCAL-RLA 010.

Physical parameter time line chemicals of the water of the rio turbio for the management through the arcac-rla model 010

Abstract

The study of the environmental problems presented by the Rio Turbio has been addressed over the years by different researchers, as it is an important aquifer in the region in which it is located. According to records of historical data collected and from own studies, it is observed that the conditions and characteristics of said aquifer show deterioration by the intervention of man. The purpose of establishing the timeline of physicochemical parameters of water quality of the Turbio River, allows to compare and validate information on water quality in order to establish the management of the basins based on the guidelines of the ARCAL-RLA

010 Project, referred to to the improvement of surface water masses contaminated with metals. The design of the study, of descriptive type, is structured in the following stages: (a) sampling; (b) analysis of physical-chemical parameters; (c) comparison of results. The sampling and analysis were carried out considering the procedures established in the Manual of Harmonized and Assessed Protocols ARCAL and Norms Covenin 2079: 2002. The sampling stations selected were: (a) Buena Vista; (b) Quebrada 171; (c) Puente Las Damas; (d) Rio Claro; (e) Guard it; (e) Slaughterhouse: and (f) Santa Rosa. The comparison of the results was made with the quality standards of the maximum permissible values

established by environmental regulations, with historical data and with those obtained under the ARCAL-RLA010 model; some parameters present variations related to the exposure to diffuse sources and their levels increase as the body of water crosses the city of Barquismo. The increase in the levels of some of them is observed as a function of time. For metals, there is a decrease in levels over time and point variations between stations. The turbidity in all cases exceeds the maximum permissible values. Most parameters are within the permissible limits.

Key words: physicochemical parameters, Rio Turbio, ARCAL-RLA Project 010.

Introducción

La declaración del acceso al agua segura, como derecho humano, establecido por las Naciones Unidas orienta la universalidad de ésta y su importancia para la calidad de vida del ser humano (ONU, 2010).

En este sentido, la relevancia de promover su conservación y preservación es vital ante el auge y el incremento de la problemática sobre el mal uso, manejo y contaminación del recurso agua; además de la falta de gestión administrativa de ella.

Considerando el agua como un bien universal e indispensable para el desarrollo de la vida; se ha establecido, desde el campo legal, la protección y gestión ambiental de este recurso vital a través de convenios, tratados, leyes tanto nacionales como internacionales [Decreto 883, (1995); OMS, (2006); Ávila *et al.*, (2011)].

En Venezuela, la legislación ambiental aborda diferentes aspectos hacia la protección y administración de este recurso sea de manera directa o indirecta. Existiendo dentro de la jerarquía legal la constitución, leyes (orgánicas, especiales y ordinarias) y decretos, reglamentos y normas técnicas.

Entre el amplio repertorio de normativas que se relacionan con el ambiente, y específicamente el agua, se encuentran: (a) Constitución de la República Bolivariana de Venezuela (2000); (b) Ley Orgánica del

Ambiente (2006); (c) Ley Penal del Ambiente (2012); (d) Ley de Aguas (2007); (e) Decreto 883 (1995) referido a las Normas para la Clasificación y el Control de la Calidad de los Cuerpos de Agua y Vertidos o Afluentes Líquidos; (f) Normas Convenin 2079:2002 (que contemplan técnicas de muestreo de aguas naturales, industriales y residuales, entre otras), (FONDONORMA, 2002).

Es importante y pertinente destacar, que en la Constitución de la República Bolivariana de Venezuela se evidencia el carácter ambientalista mediante los principios insertos en ella: (a) concepción del ambiente como bien jurídico; (b) enfoque y transversalidad axiológica del ambiente; (c) conservación y daño ambiental permisible; (d) derecho a un ambiente sano y ecológicamente equilibrado; (e) desarrollo sustentable; (f) ambiente como objeto de integración latinoamericana y caribeña; entre otros (Mendoza, 2010).

Este último principio constitucional señalado, de la integración latinoamericana y caribeña, se tipifica específicamente en el artículo 153 de la Constitución de la República Bolivariana de Venezuela (2000), donde impulsa la promoción e integración de defensas de intereses, entre ellas la del ambiente.

Es de señalar, que siendo América Latina y el Caribe una región donde se concentra la tercera parte de los recursos hídricos renovables, satisface la demanda de consumo de agua para la población de dicha re-

gión, constituyéndose ésta el 9% de la población mundial. De acá, la importancia y relevancia en atención de la disponibilidad del agua como su calidad [Alberro *et al.*, (2011)].

Con este argumento, Ávila, *et al.*, (2011) puntualizan que el reto de los países de la región Latinoamericana y el Caribe es enfrentar el desafío de gestionar adecuadamente este recurso.

En aras de contribuir con a la mejora de gestión de los recursos hídricos, en la región de América Latina y el Caribe, la Agencia Internacional de Energía Atómica -con las recomendaciones de la Organización Panamericana de la Salud y Organización Mundial de la salud (OMS/OPS) desarrolló el Proyecto ARCAL RLA-010 titulado “Mejora de la gestión de las masas de agua que están contaminadas por metales” cuyo propósito se orientó en la armonización de protocolos de muestreo, análisis de agua y sedimentos, y capacitación de evaluación de la calidad del agua [Alberro *et al.*, (2011)].

En términos de la calidad de agua, Garbagnati *et al.*, (2003) plantean que se basa en la comparación de indicadores o parámetros comunes con relación a los requerimientos de uso del agua; además de la consideración de estudio de la tendencia en la evolución de la calidad de ella con fines de planificar una gestión sostenible.

Aunado a esto, la importancia del monitoreo de aguas superficiales o

subterráneas con el establecimiento de línea base o de referencia de los parámetros de calidad de agua, conlleva a establecer la información sobre los procesos ambientales inherentes necesarias para desarrollar y estructurar un plan de gestión adecuada.

Con este enfoque, se desarrolló la línea de tiempo de parámetros físico-químicos del agua del Río Turbio para la gestión mediante el modelo ARCAL-RLA 010, evaluando de acuerdo a la armonización los parámetros físico-químicos según los protocolos y lineamientos establecidos para ello; comparando con los datos históricos y los valores establecidos en la normativa que determina la calidad del agua en el país, el Decreto 883 (1995) y los valores exigidos por la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2006).

Materiales y Métodos

La secuencia metodológica en este estudio se constituyó en tres etapas: (a) muestreo, (b) análisis físico-químico y (c) comparación de los resultados.

Muestreo

Siguiendo los lineamientos del Manual de Protocolos armonizados y evaluados para la toma de muestra y el análisis de agua y sedimentos para la Región de Latinoamérica y del Caribe del Proyecto ARCAL RLA-010 [Alberro *et al.*, (2011)], se planificó y ejecutó el programa de muestreo del Río Turbio. Tomándose de igual

manera en consideración las Normas Covenin 2079:2002 (FONDONORMA, 2002).

Entre los aspectos previos señalados en dicho Manual, se seleccionaron los siguientes puntos de muestreos atendiendo a los factores y condiciones geográficas e históricas de estudios del Río Turbio: (a) Buena Vista, (b) Titicare, (c) Puente Macuto, (d) Puente Las Damas, (e) Río Claro, (f) Santa Rosa, (g) Guardagallo y (h) Matadero. El tipo de muestreo fue simple y sistemático, captándose muestra en los nodos establecidos siguiendo el curso del cuerpo de agua en las subcuencas alta, media y baja.

Análisis físico-químico

La selección de los parámetros medidos corresponde al consenso de armonización del Proyecto ARCAL de éstos como indicadores de la calidad del cuerpo de agua y a los parámetros establecidos en el Decreto 883 (1995). En ese sentido, los parámetros medidos en el sitio corresponden con: pH, conductividad, cloruros, dióxido de carbono, temperatura, sólidos totales disueltos, conductividad y oxígeno disuelto.

En cuanto a los parámetros determinados en el laboratorio fueron: turbidez, dureza total, dureza cálcica, alcalinidad, Nitrógeno amoniacal, nitrito+nitratos y fósforo, además de los elementos titanio, cromo, manganeso, hierro, cobre, zinc, cobalto, arsénico, mercurio y plomo. Dichos análisis fueron realizados en la Uni-

versidad de Análisis Instrumental de la Universidad Centroccidental “Lisandro Alvarado”, tomando en consideración los procedimientos establecidos en el manual de análisis de agua para los parámetros no armonizados “[Eaton *et al.*, (1995)] y el Manual Protocolos Armonizado ARCAL, utilizando los equipos y materiales correspondientes, [Alberro *et al.*, (2011)].

Resultados y Discusión

Comparación de Resultados

La comparación de resultados fue realizada sobre la base de los datos obtenidos de la medición de parámetros, con los valores límites referidos por la normativa legal; en este caso el Decreto 883 (1995), el cual establece las Normas para la Clasificación y el Control de la Calidad de los Cuerpos de Agua y Vertidos o Efluentes Líquidos y la Organización Mundial de la Salud (2006). Adicionalmente, se comparó con datos históricos obtenidos en los años 1985, 1987 y 1997 [Colina, (1985); Andara A, (1987); Andara M., (1987), Salazar A, (1997); Salazar A. (2007)] y en otros estudios bajo el modelo seleccionado, entre ellos el de Chirinos (2010) y Adán (2010) y el estudio actualmente realizado.

A continuación, se presentan, en las Tablas 1 y 2, los datos obtenidos en la medición de los parámetros físico-químicos del agua del Río Turbio.

Tabla 1. Línea de tiempo de análisis de parámetros fisicoquímicos del agua del Río Turbio

	CHIRINOS 2010 Sequia	ADAN 2010 Lluvia	ADAN 2012 Lluvia	CHIRINOS 2010 Sequia	ADAN 2010 Lluvia	ADAN 2012 Lluvia	L.P.*
PARAMETRO	BUENA VISTA			PUENTE MACUTO			
Sólidos Totales Disueltos (mg/L SDT)	341,7 ± 5,8	262,50 ± 9,57	445,33 ± 10,066	321±9	-	606 ± 31,112	1500
Alcalinidad (mg/L CaCO ₃)	86 ± 2	57,78 ± 5,36	69,6 ± 1,77	-	-	73,88 ± 3,18	N.R.
Conductividad (µmho/cm)	682±12	492,5 ± 27,54	890±20	-	-	443,33 ± 11,55	N.R.
Dureza Total (mg/L CaCO ₃)	410,7 ± 12,2	282,67 ± 2,31	284,89 ± 11,09	-	-	279,56 ± 5,81	500
Dureza Cálctica (mg/L CaCO ₃)	357,3 ± 16,2	260 ± 0	232,22 ± 45,78	-	-	236,0 ± 45,72	N.R.
Cloruros (mg/L)	15 ± 0,0	60 ± 0,0	12 ± 4,10	-	-	15 ± 0	600
N Amomiacal (mg/L)	0,06 ± 0,04	0,74 ± 0,11	< 0,1	-	-	< 0,1	N.R.
Nitritos (mg/L)	0,03 ± 0,01	0,03 ± 0,0	< 0,01	-	-	< 0,01	N.R.
Nitritos + Nitratos (mg/L)	0,64 ± 0,01	1,46 ± 0,63	2,93 ± 1,64	-	-	1,56 ± 0,46	10
pH	7,27 ± 0,24	6,99 ± 0,0	8,1 ± 0,22	-	-	8 ± 0,0	6 - 8,5
CO ₂ (mg/L)	21,67 ± 2,9	43,75 ± 11,09	< 5	-	-	< 5	N.R.
Fósforo (mg/L)	< L.D.	0,58 ± 1,34	< LD	-	-	< LD	N.R.
Turbidez (UNT)	NM	576,18 ± 29,21	58,99 ± 2,40	-	-	336,1 ± 14,52	< 25
Temperatura (°C)	24 ± 0	23 ± 0	24 ± 0	-	-	25,76 ± 0,05	
PARAMETRO	TITICARE			PUENTE LAS DAMAS			
Sólidos Totales Disueltos (mg/L SDT)	-	300,0 ± 10	-	740 ± 21,8	326,67 ± 5,77	-	1500
Alcalinidad (mg/L CaCO ₃)	-	61,78 ± 0,38	-	214 ± 6	63,78 ± 1,39	-	N.R.
Conductividad (µmho/cm)	-	600 ± 30	-	1480±44	646,67 ± 15,27	-	N.R.
Dureza Total (mg/L CaCO ₃)	-	334,22 ± 2,04	-	600 ± 28	340,0 ± 1,33	-	500
Dureza Cálctica (mg/L CaCO ₃)	-	298,67 ± 9,33	-	421,3 ± 98,17	300,44 ± 2,04	-	N.R.
Cloruros (mg/L)	-	60 ± 0,0	-	95 ± 4,3	60,0 ± 0,0	-	600
N Amomiacal (mg/L)	-	2 ± 6 8 ± 0,32	-	0,08 ± 0,03	1,06 ± 0,16	-	N.R.
Nitritos (mg/L)	-	0,03 ± 0,0	-	0,04 ± 0,01	0,07 ± 0,0	-	N.R.
Nitritos + Nitratos (mg/L)	-	1,0 ± 0,91	-	0,64 ± 0,01	4,38 ± 1,48	-	10
pH	-	7,79 ± 0,0	-	7,49 ± 0,03	7,79 ± 0,23	-	6 - 8,5
CO ₂ (mg/L)	-	15,0 ± 0,0	-	110 ± 5	20,0 ± 0,0	-	N.R.
Fósforo (mg/L)	-	< 0,39	-	2,78 ± 0,6	0,34 ± 0,34	-	N.R.
Turbidez (UNT)	-	1864,6 ± 130,6	-	NM	1497,7 ± 208,1	-	< 25
Temperatura (°C)	-	26	-	37	27	-	

Tabla 2. Línea de tiempo de análisis de metales pesados del agua del Río Turbio

Elemento	ADAN, 2010 (Lluvia)						
	Buena Vista	Bosque Titicare	Las Damas	Santa Rosa	Guardagallo	Matadero	L.P.
Ti	0,095 ±0,00	0,22	0,11 ±0,01	ND	ND	ND	N.R.
Cr	ND	0,10	0,03	0,05 ±0,02	ND	ND	0,05
Mn	0,04 ±0,00	ND	0,04 ±0,00	ND	0,10 ±0,03	0,11 ±0,02	0,5
Fe	2,92 ±2,55	0,98 ±0,55	1,11 ±0,65	0,77 ±0,04	1,35 ±0,24	0,93 ±0,03	1
Ni	<0,004	<0,004	0,02	<0,004	<0,004	<0,004	0,5
Cu	0,013	ND	0,02 ±0,00	ND	ND	ND	0,20
Zn	0,57 ±0,55	0,37 ±0,09	0,46 ±0,22	0,49 ±0,02	1,64 ±0,40	0,72 ±0,08	5,0
As	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	0,05
Hg	0,119 ±0,060	0,176 ±0,082	0,115 ±0,066	0,131 ±0,00	0,077 ±0,00	<0,002	0,01
Pb	0,02 ±0,00	0,02	0,01	ND	ND	0,03	0,05

Elemento	ADAN, 2012 (Lluvia)						
	Buena Vista	Puente Macuto	Río Claro	Santa Rosa	Guardagallo	Matadero	L.P.
Ti	0,260 ± 0,015	0,065 ± 0,001	0,162 ± 0,0025	0,0750 ± 0,0005	0,0850 ± 0,0005	0,070 ± 0,001	N.R.
Cr	0,045 ± 0,005	<0,0085	0,004 ± 0,001	0,010 ± 0,004	0,011 ± 0,004	<0,0085	0,05
Mn	0,035 ± 0,004	0,220 ± 0,001	0,013 ± 0,001	<0,001	0,0075 ± 0,0025	<0,001	0,5
Fe	1,040 ± 0,002	7,550 ± 0,001	9,900 ± 0,003	0,1475 ± 0,0045	0,2185 ± 0,0005	0,054 ± 0,004	1
Ni	0,016 ± 0,003	0,017 ± 0,003	0,025 ± 0,001	0,018 ± 0,002	<0,004	<0,004	0,5
Cu	0,065 ± 0,003	0,60 ± 0,01	0,0935 ± 0,0005	0,0245 ± 0,0015	0,030 ± 0,002	0,0125 ± 0,0015	0,20
Zn	0,166 ± 0,005	0,278 ± 0,001	0,985 ± 0,003	0,074 ± 0,003	0,0595 ± 0,0025	0,028 ± 0,008	5,0
As	<0,002	0,006 ± 0,001	0,014 ± 0,003	<0,002	<0,002	<0,002	0,05
Hg	<0,0025	<0,0025	<0,0025	<0,0025	<0,0025	<0,0025	0,01
Pb	0,0075 ± 0,0015	0,005 ± 0,002	0,130 ± 0,002	<0,0025	0,500 ± 0,001	0,0065 ± 0,0015	0,05

Nota: L.P*: Límites permisibles según Normativa Decreto 883 y OMS. //

N.R.: No Reglamentado

N.M.: No Medido / N.D.: No Detectable

De acuerdo a los datos obtenidos en cada estación, se observó que en líneas generales la mayoría de los parámetros se encuentran dentro de los límites permisibles legales y no presentan variaciones temporales importantes, aun cuando se les compara con datos históricos [Colina, (1985); Andara A, (1987); Andara M., (1987) y Salazar (2007)]. La turbidez se presenta al margen de los niveles máximos permitidos en todos los casos, lo cual se corresponde con las características intrínsecas del cuerpo de agua. El parámetro aumenta a medida que se avanza desde la cuenca alta, en relación con la exposición del cuerpo de agua a fuentes puntuales y difusas en su paso por la ciudad de Barquisimeto. Las concentraciones de Hierro y Zinc se mantienen alrededor de los rangos de 0,10-2,4 mg/L y 0,10- 1,4 mg/L, respectivamente, establecidos por Colina (1985), Andara A. (1987) y Andara M. (1987) pero menores respecto a la campaña de 2006 en el punto Santa Rosa [Salazar, (2007)]. La concentración de plomo es menor a la reportada por los autores antes mencionados, durante las campañas de 2010, pero mayor en la campaña de 2012 en los puntos Río Claro y Guardagallo, en los cuales adicionalmente sobrepasa los límites máximos permitidos. Una situación similar se presenta con el cobre, el cual presentó niveles mayores en campañas anteriores. Este parámetro excede lo establecido en el decreto 883 sólo en el punto Puente Macuto durante la campaña de 2012. El elemento manganeso presentó una disminución de la concentración en todas las estaciones cuando se com-

para la campaña de 2010 lluvia con 2012 lluvia y cuando se comparan ambas campañas con lo reportado por Salazar (2007) en el punto de Santa Rosa. Se observó un aumento de la concentración de cloruros en el punto ubicado en la cuenca alta (Buena Vista), respecto a los datos reportados por Colina (1985), Andara A., (1987) y Salazar (2007). Este parámetro se ve aumentado durante el muestreo de sequía respecto al de lluvia en el 2010. El aumento entre las campañas de lluvia de 2010 y 2012 es significativo en las estaciones Guardagallo y Matadero, las cuales reciben la mayor carga de contaminación por fuentes difusas.

Se detectó que los valores de ciertos parámetros van incrementando aguas abajo y en progreso de aumento de sus valores, comparado con los datos históricos. Los parámetros que presentaron variedad de incremento en relación con el avance en el curso del río y su paso por la ciudad de Barquisimeto, con diversas fuentes difusas y puntuales de contaminación son conductividad, turbidez, sólidos disueltos totales, cloruros, dióxido de carbono, temperatura, nitrógeno amoniacal, nitrógeno como nitratos + nitritos, y los metales cobre, hierro y manganeso entre algunas estaciones. Los niveles de mercurio durante la campaña 2010 lluvia fueron mayores al límite máximo permisible de 0,010 mg/L, establecido en el Decreto 883, en todas las estaciones, a excepción de la estación Matadero, a la salida de la ciudad de Barquisimeto. Esta tendencia no se repite durante la campaña de 2012, sin embargo, es

indicativa de ulteriores riesgos.

Se destaca que las estaciones de Guardagallo y Matadero son las que presentaron mayor variabilidad, atribuyéndose dicha variabilidad como consecuencia de la acción antrópica que involucra actividades industriales, uso de agroquímicos, descargas de aguas residuales entre otros. Actualmente, en algunas empresas se están implementando medidas correctivas en el tratamiento de agua residuales para la descarga, evidenciándose disminución de concentración de contaminantes.

Aún se encuentran algunos de estos parámetros fuera del límite permisible.

Conclusiones

Se estableció la línea de tiempo para puntos establecidos en el curso del Río Turbio que abarcan la cuenca alta, media y baja y se realizó la comparación de los resultados con los estándares de calidad de los valores máximos permisibles que establece la normativa ambiental, con datos históricos y con los obtenidos bajo el modelo ARCAL-RLA010; algunos parámetros presentan variaciones relacionadas con la exposición a fuentes difusas y sus niveles aumentan a medida que el cuerpo de agua atraviesa la ciudad de Barquisimeto. Se observa el aumento de los niveles de algunos de ellos en función del tiempo. Para los metales se observa una disminución de los niveles en el tiempo y variaciones puntuales entre estaciones. La turbidez en todos los

casos sobrepasa los valores máximos permisibles. La mayoría de los parámetros se encuentran dentro de los límites permisibles.

La planificación y desarrollo de un programa de muestreo de cuerpo de agua y la determinación de los parámetros por protocolos armonizados y estandarizados, permite la validación y calidad de establecimiento de línea de base de estudios de parámetros de calidad del agua, aspectos importantes y pertinentes en el campo de la metrología.

Es importante validar y establecer la información sobre las condiciones de la calidad de agua, para así desarrollar planes de gestión, evaluación de medidas correctoras y preventivas, cumplimiento legal entre otras. En este sentido no se observan variaciones temporales importantes, y se determina la tendencia histórica por efecto del paso del cuerpo de agua por la ciudad de Barquisimeto y su exposición a fuentes difusas de contaminación.

Agradecimiento

Al Ministerio del Poder Popular para Ciencia, Tecnología e Innovación, específicamente al FONACIT, por el financiamiento del Proyecto Estratégico 2011000961.

Al CDCHT-UCLA por el financiamiento del Proyecto RAG-004-2007 del CDCHT-UCLA y ARCAL RLA 010.

Referencias Bibliográficas

- Adan, G. (2010). Evaluación fisico-química de la contaminación por descargas de aguas residuales en la sub-cuencas media y baja del río turbio. Trabajo especial de Grado, Departamento de Investigación y Postgrado, Instituto Universitario Experimental de Tecnología Andrés Eloy Blanco, Barquisimeto, Venezuela.
- Alberro, N.; Bedregal, P.; Crubellati, R.; Stegen, S. (2011). Manual de protocolos armonizados y evaluados para la toma de muestra y el análisis de agua y sedimentos para la región de América Latina y el Caribe. Proyecto ARCAL RLA 010. Auspiciado por la Agencia Internacional de Energía Atómica (AIEA). (1ª Ed), Lima, Perú: Litho &Arte SAC.
- Andara A, J. (1987). Estudio Geo-químico de la Contaminación de la Sub-Cuenca Alta del Río Turbio. Trabajo especial de grado, Escuela de Química, Facultad de Ciencias, Universidad Central de Venezuela, Caracas, Venezuela.
- Andara M, E. (1987) Estudio del Grado de Contaminación Geo-químico de la Sub-cuenca Baja del Río Turbio (tramo Yaritagua-Cojedes). Trabajo especial de grado, Escuela de Química, Facultad de Ciencias, Universidad Central de Venezuela, Caracas, Venezuela.
- Ávila, P.; Cicerone, D.; Da Costa, D.; Bedregal, P. (2011). Proyecto ARCAL RLA 010. Propuesta de un Índice de calidad de agua para región de Latinoamérica y el Caribe. Auspiciado por la agencia Internacional de Energía Atómica (IAEA). (1ª Ed), Lima, Perú: Litho &Arte SAC.
- Chirinos, F. (2010). Calibración del modelo hidrodinámico (programa wasp 7.4) y kit de acuicultor para la caracterización fisicoquímica de las sub-cuencas media y baja del Río Turbio. Trabajo de Grado, Ingeniería Agronómica, Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado Decanato de Agronomía, Cabudare, Venezuela.
- Colina, J. (1985). Estudio de la Geo-química de la Contaminación del Río Turbio. Trabajo especial de grado, Escuela de Química, Facultad de Ciencias, Universidad Central de Venezuela, Caracas, Venezuela.
- Constitución de la República Bolivariana de Venezuela. (2000, 24 de marzo). En Gaceta Oficial N° 5.453 Extraordinario, [en línea]. Recuperado el 21 de julio de 2014, de http://www.ciem.org.ve/pdf/constitucion_venezuela.pdf
- Decreto 883. (1995). Normas para la Clasificación y el Control de la Calidad de los Cuerpos de Aguas y Vertidos o Efluentes Líquidos. En Gaceta Oficial N° 5.021 Ex-

traordinario. Poder Legislativo de Venezuela.

Eaton, A.; Lenore, S.; Greenberg, A. (1995). *Standard methods for water and wastewater examination*. (19th Ed). Chicago, USA: American Public Health Association, American Water Works Association, and Water Environment Federation.

FONDONORMA. (2002). Norma Venezolana Covenin 2079:2002. Aguas naturales, industriales y residuales. Guía para las técnicas de muestreo, [en línea] Recuperado el 20 de julio de 2014, de www.sencamer.gob.ve/sencamer/normas/2709-02.pdf

Garbagnati, M.; González, S.; Antón, R.; Mallea, M. (2005). Características físico-químicas, capacidad buffer y establecimiento de la línea base ambiental del Río Grande, San Luis, Argentina. *Ecología Austral*. 15: 59-71. <http://www.minamb.gob.ve/files/Ley%20Organica%20del%20Ambiente/Ley-Organica-del-Ambiente-2007.pdf>

Ley de Aguas (2007, 2 de enero). *Leyes de Venezuela*. En *Gaceta Oficial* N° 38.195, [en línea]. Recuperado el 21 de julio de 2014, de http://www.defensoria.gob.ve/dp/Leyes/Ambiente/04_Ley_de_Aguas.pdf

Ley Orgánica del Ambiente (2006, 22 de diciembre). *Leyes de Venezuela*. En *Gaceta Oficial* N°

5.833 Extraordinario, [en línea]. Recuperado el 21 de julio de 2014, de

Ley Penal del Ambiente (2012, 2 de mayo). *Leyes de Venezuela*. En *Gaceta Oficial* N° 39.913, [en línea]. Recuperado el 21 de julio de 2014, de <http://www.minamb.gob.ve/files/ley%20penal%20del%20ambiente/Ley%20Penal%20del%20Ambiente.pdf>

Mendoza, G. (2010). Marco legal del ambiente en Venezuela. Curso de la Red de Aliados para la Sinergia en la Gestión Ambiental del estado Lara.

OMS. (2006). Organización Mundial de la Salud. Guías para la calidad del agua potable [en línea]: incluye el primer apéndice. Vol. 1: Recomendaciones. Tercera Edición. Recuperado el 20 de julio de 2014, de http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3_es_8.pdf

ONU. (2010). Organización de las Naciones Unidas. Resolución A/ RES/64/292 64/292. El derecho humano al agua y el saneamiento. Asamblea General de las Naciones Unidas, [en línea]. Recuperado el 21 de Julio de 2014, de http://www.un.org/ga/search/view_doc.asp?symbol=A/RES/64/292&Lang=S

Salazar, A. (2007). Generación de un Estudio de Línea Base de Información para la Cuenca Hidrográfica del Río Turbio en el

estado Lara a través de la Caracterización de su Principal Cuerpo de Agua. Trabajo Especial de Grado, Departamento de Investigación y Postgrado, Instituto Universitario Experimental de Tecnología Andrés Bello Blanco,

Hidrogenación de *d*-glucosa catalizada por complejos de rutenio conteniendo ligandos triarilfosfinas en medio homogéneo y bifásico-acuoso

Hernández Octavio

Laboratorio de Química Inorgánica
Universidad del Zulia
octaviohernandez.21@gmail.com
Venezuela

Rosales1 Merlin

Laboratorio de Química Inorgánica
Universidad del Zulia
octaviohernandez.21@gmail.com
Venezuela

Ferrer Alexis

Laboratorio de Instrumentación Analítica
Universidad del Zulia
octaviohernandez.21@gmail.com
Venezuela

Fecha de recepción: 06-03-2014 Fecha de aceptación: 10-04-2014

Resumen

En esta investigación se llevó a cabo la hidrogenación de D-glucosa a sorbitol (D-glucitol), un edulcorante de uso industrial, empleando como precursores catalíticos sistemas de rutenio conteniendo ligandos triarilfosfinas, tales como trifenilfosfina (PPh₃), tri(*p*-toluil) fosfina [P(*p*-tol)₃], trifenilfosfina monosulfonada (TFFMS) y trifenilfosfina trisulfonada (TFFTS), tanto en medio homogéneo (agua) como bifásico-acuoso. Los precatalizadores con ligandos sulfonados se prepararon *in situ* en el

medio de reacción por adición de la respectiva fosfina sulfonada (TFFMS y TFFTS) a la solución acuosa de RuCl₃·3H₂O, encontrándose que ambos sistemas resultaron ser activos, bajo condiciones moderadas de reacción (96% de conversión a 10 bar de H₂ y 100 °C con el Ru/TFFTS y 100% de conversión a 5 bar de H₂ y 100 °C con el sistema Ru/TFFMS) en un tiempo de reacción de 8 h. Los complejos RuCl₂(PPh₃)₃ y RuCl₂(Pp-tol)₃ resultaron ser catalizadores poco activos (< 10%) para la hidrogenación bifásica-acuosa de D-glucosa, bajo las mismas condi-

ciones de reacción. Sin embargo, el catalizador de trifenilfosfina fue activo para esta reacción en presencia de un agente transferente de fase como el cloruro de cetiltrimetilamonio (CTAC), lográndose una conversión del 62% en un periodo de 24 h, bajo las mismas condiciones que el sistema Ru/TFFTS. Cabe destacar que en la literatura no existe reporte de hidrogenación de sacáridos mediante catálisis bifásica-acuosa.

Palabras clave: Hidrogenación; bifásica-acuosa; rutenio; *D*-glucosa; sorbitol; triarilfosfina

Hydrogenation of catalyzed d-glucose by complex of ruthenium containing triarylphosphines ligands in the middle homogeneous and biphasic-aqueous

Abstract

In this investigation the hydrogenation of D-glucose to sorbitol (D-glucitol), a sweetener for industrial use, was carried out using as catalytic precursors ruthenium systems containing triarylphosphine ligands, such as triphenylphosphine (PPh₃), tri (p-tolyl) phosphine [P (p-tol)₃], triphenylphosphine monosulfonated (TFFMS) and trisulfonated triphenylphosphine (TFFTS), both in homogeneous (water) and biphasic-aqueous medium. The precatalysts with sulfonated ligands were prepared in situ in the reaction me-

dium by adding the respective sulfonated phosphine (TFFMS and TFFTS) to the aqueous solution of RuCl₃ · 3H₂O, it being found that both systems were found to be active, under moderate conditions of reaction (96% conversion at 10 bar H₂ and 100 ° C with Ru / TFFTS and 100% conversion at 5 bar H₂ and 100 ° C with the Ru / TFFMS system) in a reaction time of 8 h. The complexes RuCl₂ (PPh₃)₃ and RuCl₂ (Pp-tol)₃ were found to be poorly active catalysts (<10%) for the biphasic-aqueous hydrogenation of D-glucose, under the same reaction conditions. However, the tri-

phenylphosphine catalyst was active for this reaction in the presence of a phase transfer agent such as cetyltrimethylammonium chloride (CTAC), achieving a conversion of 62% in a period of 24 h, under the same conditions as the Ru system. / TFFTS. It should be noted that in the literature there is no report of hydrogenation of saccharides by biphasic-aqueous catalysis.

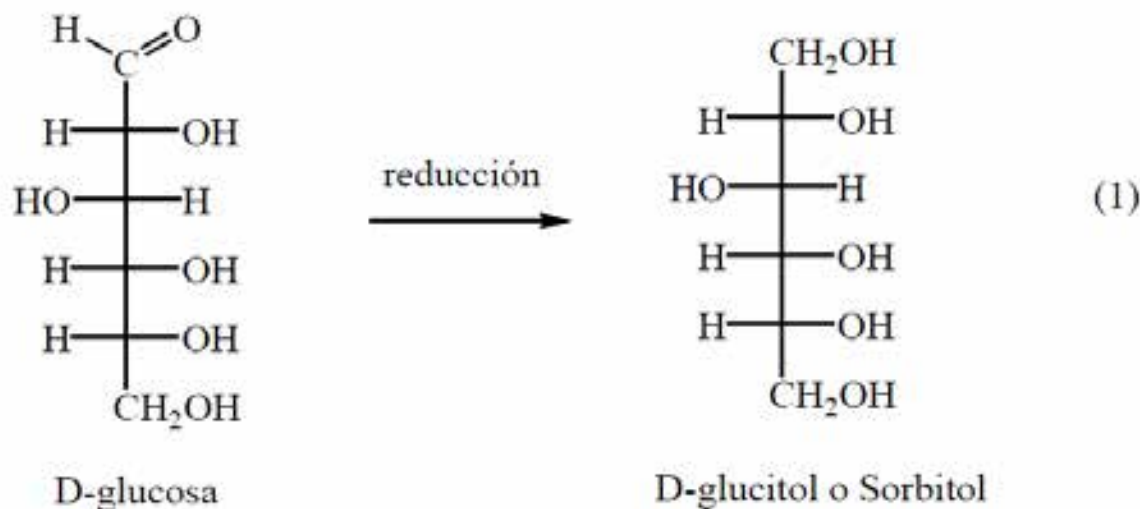
Keywords: Hydrogenation; biphasic-aqueous; ruthenium; D-glucose; sorbitol; triarylphosphine

Introducción

La hidrogenación homogénea de compuestos carbonílicos (aldehídos y cetonas) catalizada por complejos de metales de transición ha sido estudiada en detalle, en especial, aquellas

catalizadas por complejos organometálicos de rutenio (Sánchez-Delgado y Rosales (1993). Un caso particular de este tipo de reacción es la hidrogenación de sacáridos, cuyos productos son de gran utilidad a nivel industrial. Así, por ejemplo, el sorbitol,

fórmula empírica $C_6H_8(OH)_6$, se obtiene industrialmente por reducción del monosacáridos más común, la D-glucosa (Ecuación 1), (Fennema, 2000).



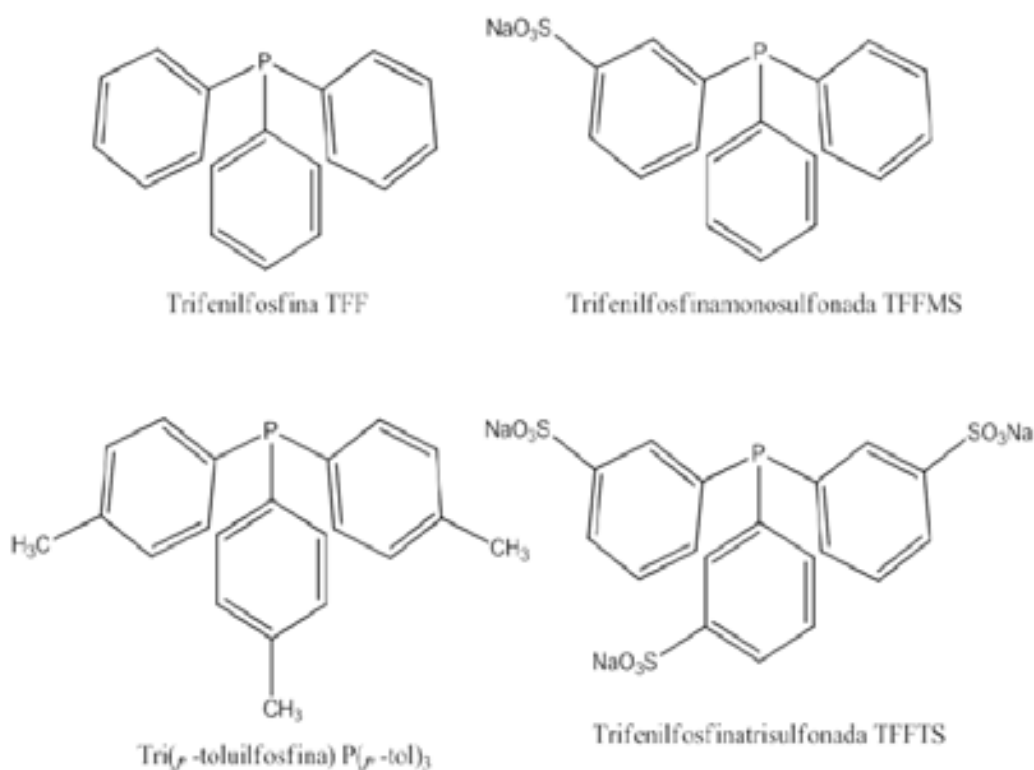
La hidrogenación de *D-glucosa* se ha estudiado exhaustivamente mediante catálisis heterogénea utilizando principalmente rutenio y níquel como catalizadores. Existen muy pocos reportes en catálisis homogénea; los precursores son complejos organometálicos de rutenio conteniendo ligandos solubles en solventes lipófilos como la trifenilfosfina (PPh_3) donde utilizan una solución homogénea trifásica que incluye dos solventes orgánicos y una pequeña cantidad de agua, y ligandos solubles

en solventes hidrófilos como carboximetil celulosa (CM), trifenilfosfinamonosulfonada (TFFMS) y trifenilfosfinatrisulfonada (TFFTS) estos le confieren al catalizador organometálico solubilidad en agua para reacciones homogéneas acuosas (Figura 1); (Kruse y Wright, 1993; Kolaric y Sunjic, 1996; Cornils y Herrmann, 1997).

A lo largo de la historia del desarrollo de la catálisis homogénea, se han buscado continuamente formas

de combinar las características de reactividad deseables de los complejos organometálicos (catálisis homogénea) con modos prácticos para la recuperación y el reciclaje de los catalizadores (catálisis heterogénea). Uno de los avances más importantes de la catálisis homogénea en los últimos veinte años lo constituye la introducción de la técnica bifásica-acuosa.

Figura 1. Estructuras de las triarilfosfinas utilizadas como ligandos en la hidrogenación de D-glucosa catalizada por sistemas de rutenio.



En la Figura 2 se presenta un esquema del proceso catalítico bifásico líquido-líquido, donde la fase que contiene los reactantes es muy poco miscible con la fase que contiene el catalizador. En general, el sustrato se solubiliza en un solvente orgánico apolar y el catalizador en la fase polar (agua en el caso de la catálisis bifásica-acuosa); la reacción catalítica

ocurre en la fase polar o en la interfase, reteniendo los modos y mecanismos de las reacciones homogéneas, en un proceso “heterogéneo” sobre un catalizador inmovilizado sobre un “soporte líquido”. De esta manera, se combinan las ventajas químicas de la catálisis homogénea con las ventajas físicas de la heterogénea; al final del proceso los productos son separados

generalmente por decantación y la fase que contiene el catalizador puede ser usada nuevamente [Cornils y Herrmann, 1997; Pérez, 1997; Barton et al., (2002); Herrmann y Kohlpaintner, 1993; Cornils y Wiebus, 1995; Kuntz, 1987; Papadogianakis y Sheldon, 1996].

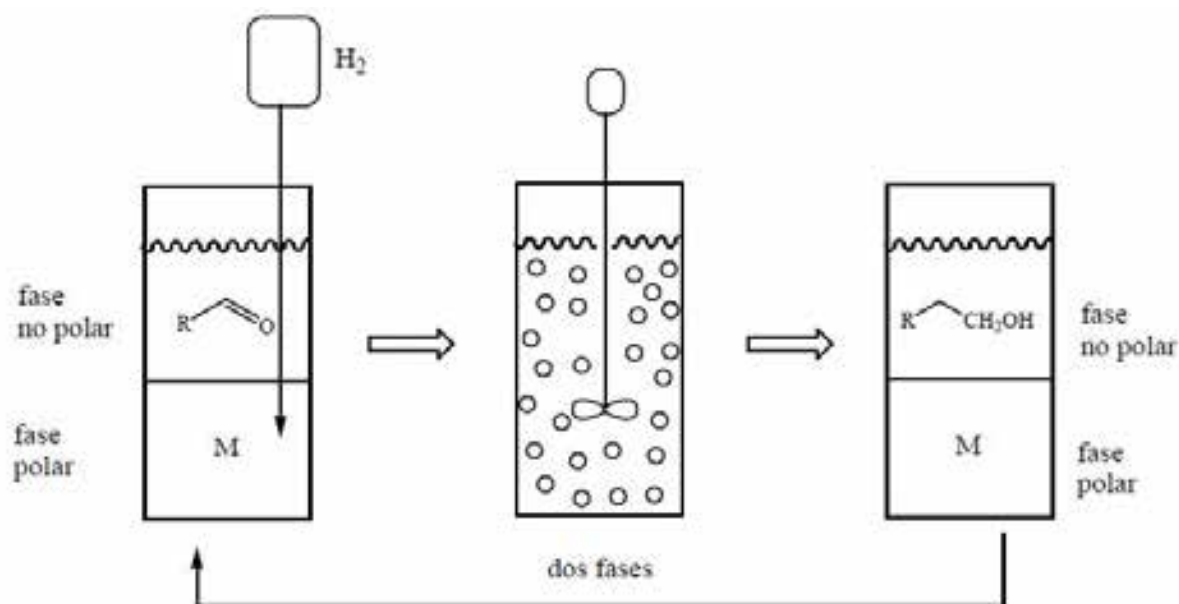


Figura 2. Esquema simplificado de un proceso catalítico bifásico líquido-líquido

Aunque se ha reportado el uso de complejos de rutenio y osmio en la hidrogenación bifásica-acuosa de compuestos carbonílicos, principalmente aldehídos y cetonas, no existen reportes de hidrogenación de sacáridos bajo estas condiciones. Considerando, que el sorbitol puede ser producido a partir de *D*-glucosa a través de un proceso catalítico homogéneo utilizando catalizadores de rutenio, se ha propuesto que este proceso de hidrogenación puede realizarse en medio bifásico, utilizando un complejo de rutenio soluble en una fase orgánica (tolueno) y una fase acuosa que contenga la *D*-glucosa y eventualmente el producto de reducción (sorbitol), posiblemente en presencia de un agente transferente de fase. Por

esa razón para diferenciarla se denominará en este trabajo catálisis-bifásica inversa que es el caso contrario a como se ha venido trabajado a lo largo de estos años [Cornils y Herrmann, 1997; Páez, 1997; Barton *et al.*, (2002); Herrmann y

Kohlpaintner, 1993; Cornils y Wiebus, 1995; Kuntz, 1987; Papadogianakis y Sheldon, 1996; Barros *et al.*, (2004)].

El objetivo de esta investigación es evaluar la actividad catalítica de complejos de rutenio del tipo $\text{RuCl}_2(\text{PR}_3)_3$ ($\text{PR}_3 = \text{TFFMS}$ y TFFTS) en la hidrogenación homogénea en fase acuosa de *D*-glucosa utilizando agua como solvente y de sistemas

del tipo Ru/PR_3 [$\text{PR}_3 = \text{PPh}_3$ y P(p-tol)_3] en la hidrogenación bifásica de *D*-glucosa utilizando una mezcla 1:1 de agua y tolueno como solvente.

Materiales y Métodos

Reacción de hidrogenación en fase homogénea

En un vaso de vidrio Pyrex dentro de un autoclave de acero Parr Instrument (capacidad de 125 mL) se adicionó una solución acuosa de *D*-glucosa (0,2 M, 15 mL), la sal de $\text{RuCl}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ y los equivalentes correspondientes de la respectiva fosfina hidrosoluble (TFFMS o TFFTS), de manera tal que la relación catalizador:sustrato sea 1:100. El reactor

se cerró y se desoxigenó mediante tres ciclos de carga y descarga con argón, luego se cargó la presión de hidrógeno y se calentó a la temperatura de trabajo.

Reacciones de hidrogenación en medio bifásico-acuoso

Las reacciones catalíticas en medio bifásico-acuoso se realizaron de manera similar a la descrita anteriormente, adicionando una solución del catalizador preformado Ru/PPh₃ o Ru/Pp-tol₃ en tolueno (15 mL) a una solución acuosa de *D*-glucosa (0,2 M, 15 mL), en relación 1:100 con respecto al sustrato. En reacciones posteriores, la solución orgánica que contiene el catalizador se reutilizó. Reacciones en medio bifásico-acuoso usando cloruro de cetiltrimetilamonio (CTAC) como agente transferente de fase.

La solución de *D*-glucosa se preparó junto al agente transferente de fase CTAC, al mezclar una solución de *D*-glucosa (0,4 M, 10 mL) con una solución de CTAC (10 mL) a una concentración adecuada, para obtener finalmente una solución de *D*-glucosa (0,2 N, 20 mL). Se tomaron 15 mL de esta solución para realizar la reacción catalítica, como se describió anteriormente, y dejando 5 mL como solución patrón para la cuantificación por DNS.

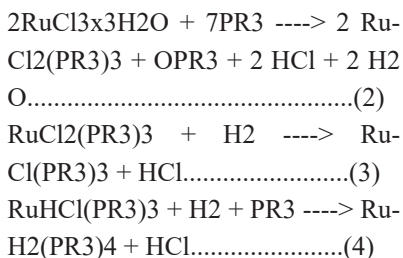
Cuantificación de la conversión a sorbitol por el método del ácido dinitrosalicílico (DNS) Al finalizar las reacciones homogéneas o bifásicas, la composición de las mezclas catalí-

ticas se analizaron por el método del ácido dinitrosalicílico (DNS) para azúcares reductores, mediante el uso de un espectrofotómetro UV-Visible empleando una curva de calibración de *D*-glucosa. De esta manera se determinó la *D*-glucosa remanente luego del proceso de reacción y la conversión a sorbitol se calculó por la diferencia de la concentración inicial y final de *D*-glucosa (Millar, 1959; Purdue Engineering Annual Report, 2009).

Resultados y Discusión

Formación de los catalizadores en reacciones homogéneas en fase acuosa

Los catalizadores de rutenio (II) utilizados para la hidrogenación de *D*-glucosa a sorbitol (*D*-glucitol) en fase homogénea acuosa se prepararon in situ en el medio de reacción, por adición de seis equivalentes de la fosfina sulfonada respectiva (TFFMS o TFFTS) a una solución acuosa de *D*-glucosa 0,2 M y tricloruro de rutenio trihidratado, en una relación catalizador:sustrato 1:100, mediante la siguiente secuencia de reacciones (Ecuaciones 2, 3 y 4).

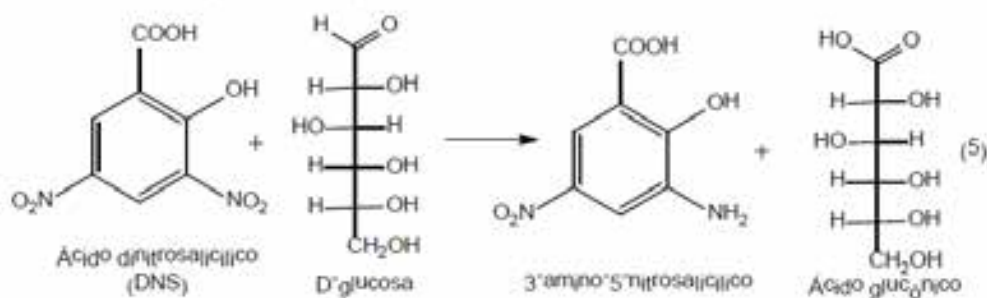


En la hidrogenación de carbohidratos se han evidenciado la formación de las especies $\text{RuHCl}(\text{PR}_3)_3$ y

$\text{RuH}_2(\text{PR}_3)_4$, y en menor proporción dímeros de rutenio, formados in situ; estas especies han sido detectadas mediante estudios de RMN (Kolaric y Sunjic, 1996; Heinen *et al.* (1999); Kolaric y Sunjic, 1996).

Cuantificación del *D*-glucitol (sorbitol)

La cuantificación de la conversión de *D*-glucosa a *D*-glucitol (sorbitol) se realizó utilizando el método del ácido dinitrosalicílico (DNS) al determinar la *D*-glucosa remanente luego del proceso de reacción y por diferencia la conversión hacia sorbitol; el cromóforo de 3-amino- 5-nitrosalicílico (Ecuación 5) muestra una banda de absorción a 540 nm, la cual se utiliza para la determinación por UV-Visible (Millar, 1959; Purdue Engineering Annual Report, 2009). Los complejos de rutenio conteniendo los ligando TFFMS y TFFTS absorben a longitudes menores a 450 nm por lo que no interfieren con la determinación.



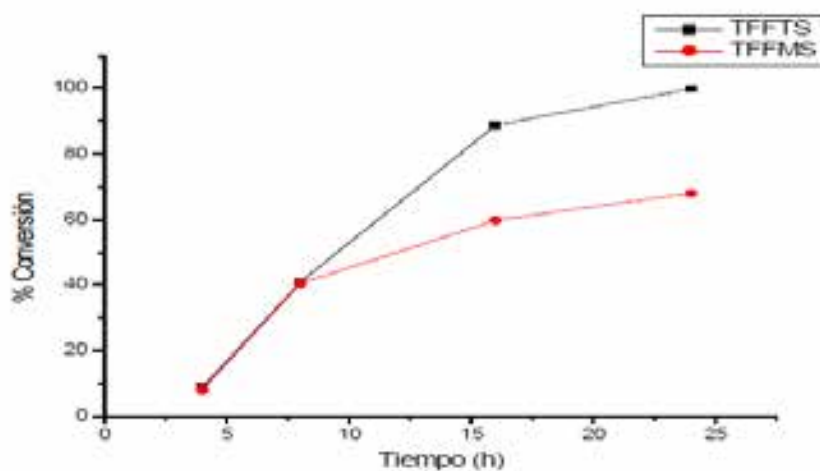
Reacciones homogéneas-acuosas

Los sistemas de rutenio con fosfinas sulfonadas mostraron ser activos catalíticamente para la hidrogena-

ción homogénea acuosa de *D*-glucosa a sorbitol (*D*-glucitol) a 100 °C y 30 bar de presión de hidrógeno. Los resultados se muestran en la Figura 3, el catalizador que presentó la mejor actividad catalítica fue el sistema

de Ru/TFFTS (100 % de conversión) comparado con su análogo Ru/TFFMS (68% de conversión) en 24 horas de reacción.

Figura 3. Hidrogenación de *D*-glucosa en medio homogéneo-acuoso catalizada por sistemas de Ru/TFFMS y Ru/TFFTS (P = 30 bar H₂; T = 100 °C).



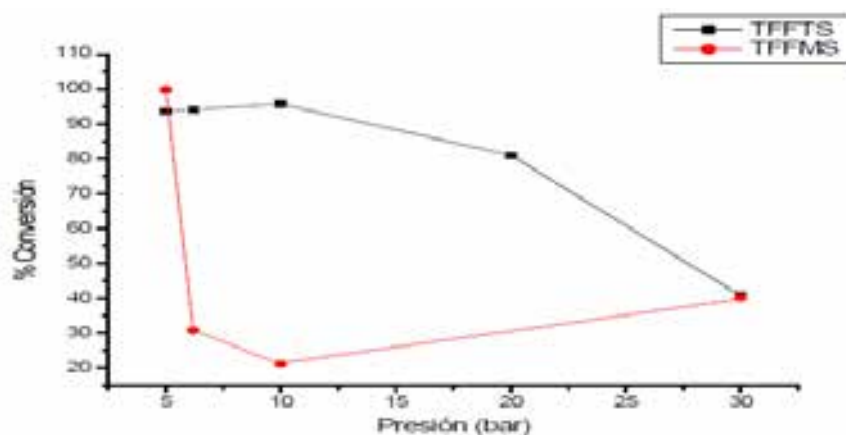
Efecto de la Presión

Para estudiar el efecto de la presión sobre la actividad catalítica de los sistemas de rutenio, Ru/TFFMS y Ru/ TFFTS, este parámetro se varió

entre 5 y 30 bar. Para ambos sistemas se observó la mayor actividad catalítica al disminuir la presión de hidrogeno (Figura 4). Los porcentajes de conversión fueron 100% y 96% a 5 bar para los sistemas Ru/ TFFMS

y Ru/TFFTS, respectivamente. No existen reportes comparables en literatura donde al disminuir la presión de hidrogeno aumente la conversión.

Figura 4. Efecto de la presión de hidrogeno sobre la actividad de los sistemas de Ru/ TFFMS y Ru/TFFTS (T =100 °C; t = 8 h).



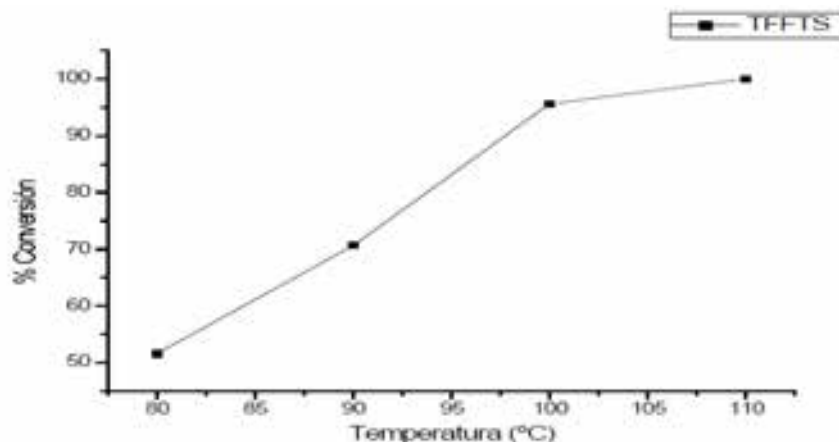
Efecto de la Temperatura

Se estudió el efecto de la temperatura para el sistema de rutenio Ru/ TFFTS cuyo comportamiento al disminuir la presión fue parecido entre

5 y 10 bar; la temperatura se varió desde 80 hasta 110 °C, manteniendo constantes las concentraciones del catalizador y de D-glucosa y la

presión de hidrógeno (10 bar) en un tiempo de reacción de 8 horas. Los resultados se muestran en la Figura 5.

Figura 4. Efecto de la presión de hidrogeno sobre la actividad de los sistemas de Ru/ TFFMS y Ru/TFFTS (T =100 °C; t = 8 h).



Los porcentajes de conversión aumentaron conforme aumenta la temperatura como ocurre en cualquier reacción de hidrogenación homogénea. Utilizando la ecuación de Arrhenius se determinó la energía de activación (E_a) del proceso catalítico la cual es 6,8 kcal/mol y el factor de frecuencia de 9,8 (Levine, 2004).

Hidrogenación catalítica bifásica-acuosa de D-glucosa

catalizada por los sistema Ru/PR3 [PR3 = PPh3, P(*p*-tol)3]

La catálisis bifásica-acuosa de monosacáridos no ha sido reportada en la literatura hasta los momentos. Para la hidrogenación bifásica-acuosa de la D-glucosa, se seleccionó el sistema de Ru/PPh3 como precursor catalítico, se varió la presión, la temperatura y el tiempo de reacción; ya

que no se pudo partir estrictamente de los resultados obtenidos en reacciones homogéneas. Los resultados se muestran en la Tabla 1, los cuales indican que los porcentajes de conversión obtenidos fueron bastantes bajos (por debajo del 10 %). Sin embargo, las mejores condiciones de reacción resultaron ser las mismas que con el sistema homogéneo Ru/TFPTS.

Tabla 1. Hidrogenación bifásica-acuosa de D-glucosa catalizada por Ru/PPh3

P (bar)	T(°C)	t (h)	Conversión (%)
10	90	8	3
10	100	8	4
10	110	8	3
10	100	24	8
30	90	8	1
30	100	8	2
30	110	8	2
30	100	24	5

Condiciones: [cat] = 2,0 mM, [D-glucosa] = 0,2 M.

Efecto de la naturaleza de la fosfina sobre la actividad catalítica

Con la finalidad de estudiar la in-

fluencia de una fosfina más básica sobre la hidrogenación bifásica-acuosa de la D-glucosa, se empleo el sistema Ru/Pp-tol3 como precursor catalíticos bajo las mismas condiciones de

reacción; que el sistema Ru/PPh3. Los resultados se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2. Efecto de la naturaleza de la fosfina sobre la hidrogenación bifásica-acuosa de *D*-glucosa catalizada por los sistemas Ru/PPh₃ y Ru/P(*p*-tol)₃.

Fosfina	% Conversión
PPh ₃	8
P(<i>p</i> -tol) ₃	4

Condiciones: [cat]=2.0 mM, [D-glucosa]=0.2 M, P=10 bar, T=100 °C, t=24 h.

Como se puede observar en la Tabla 2, la presencia de una fosfina más básica en el complejo produce una reducción de su actividad catalítica. Este hecho se atribuye a que en tolueno el ligando PPh₃ es menos soluble que el ligando P(*p*-tol)₃ y por lo tanto el sistema Ru/P(*p*-tol)₃ es más afín a la fase orgánica disminuyendo

la interacción con la fase acuosa.

Efecto de la adición de cloruro de cetiltrimetilamonio (CTAC)

Con la finalidad de mejorar la actividad catalítica del sistema Ru/PPh₃ en la hidrogenación bifásica

acuosa de la *D*-glucosa, se realizaron estas reacciones en presencia varios equivalentes de un agente transferente de fase, el cloruro de cetiltrimetilamonio (CTAC, 1eq = 2,5 x 10⁻³ M); los resultados se muestran en la Tabla 3.

Tabla 3. Efecto de la adición de CTAC sobre la hidrogenación bifásica de *D*-glucosa catalizada por Ru/PPh₃.

10 ³ [CTAC] (M)	pH	Conversión (%)
0		8
2.5	2.5	21
5.0	2.6	54
7.5	2.5	62

Condiciones: [cat] = 2.0 mM, [D-glucosa] = 0.2 M, P = 10 bar, T = 100 °C, t = 24 h

En la Tabla 3 se evidencia que la conversión obtenida en la hidrogenación de *D*-glucosa hacia sorbitol se incrementa con el número de equivalentes de CTAC, obteniendo un máximo de 62% de conversión en 24 h cuando se agregan tres equivalentes de CTAC. Es importante destacar que al finalizar la reacción se observa un cambio en la coloración del cata-

lizador a rosado, situación que no ocurre cuando no se adiciona CTAC, quizás esto se deba a la formación de una nueva especie activa de rutenio con el CTAC, no obstante en los artículos reportados donde utilizan CTAC u otro surfactante, éste actúa solamente en la transferencia de fase incrementando la actividad catalítica [Barros *et al.*, (2004)].

Conclusiones

Los sistemas de rutenio con fosfinas sulfonadas del tipo Ru/PR₃ (PR₃ = TFFMS o TFFTS) presentaron actividad catalítica hacia la hidrogenación homogénea de *D*-glucosa utilizando agua como solvente; las mejores condiciones de reacción fueron 100 °C y bajas presiones de

hidrógeno (5-10 bar). Por su parte, los sistemas Ru/PPh₃ y Ru/ P-*ptol*3 resultaron ser poco activos para la hidrogenación de *D*-glucosa a sorbitol en medio bifásico-acuoso, obteniendo porcentajes de conversión inferiores al 10 % en 24 h a 100 °C y 10 bar de hidrógeno; estos porcentajes se lograron incrementar con la adición de un agente transferente de fase como el CTAC hasta obtener un 62% de conversión en un periodo de 24 h a 100 °C y 10 bar adicionando tres equivalentes de CTAC.

Agradecimiento

A la Universidad del Zulia, Laboratorios de Química Inorgánica (LQI) e Instrumentación Analítica (LIA), donde se llevó a cabo esta investigación.

Referencias Bibliográficas

- Barros, H.; Hanson, B.; Gusevskaya, E.; Dos Santos, E. (2004). Biphasic hydroformylation of mono-terpenes employing, Rh/TPPTS/CTAC: the role of the substrate in the mass transfer between the phases. *Applied Catal. A: General*. 278(1): 57-63.
- Barton, M.R.; Zhang, Y.; Atwood, J.D. (2002). Mono-Sulfonated derivatives of triphenylphosphine, [NH₄]TPPMS and M(TPPMS)₂ (TPPMS = P(Ph)₂(m-C₆H₄SO₃); M = Mn²⁺, Fe²⁺, Co²⁺ and Ni²⁺). Crystal structure determinations for [NH₄] [TPPMS]·½H₂O, [Fe(H₂O)₅(TPPMS)] TPPMS, [Co(H₂O)₅TPPMS]TPPMS and [Ni(H₂O)₆](TPPMS)₄·H₂O. *J. Coord. Chem.* 55: 969-983.
- Cornils, B.; Herrmann, W. (1997). Applied homogeneous catalysis with organometallics compounds. *Angew. Chem. Int. Engl.* 36:1048-1067.
- Cornils, B.; Wiebus, E. (1995). Aqueous catalysts for organic reactions. *Chemtech.* 25: 33-38.
- Fennema, O.R. (2000). Química de los alimentos, 2a edición, Zaragoza, España, Acribia S. A. 3ª edición.
- Heinen, A.; Papadogianakis, G.; Sheldon, R.; Peters, J.; Van Bekkum, H. (1999). Factors effecting the hydrogenation of fructose with a water soluble Ru-TPPTS Complex. A Comparison between homogeneous and heterogeneous catalysis. *J. Mol. Catal.* 142: 17-26.
- Herrmann, W.; Kohlpaintner, C. (1993). Water-soluble ligands, metal complexes, and catalysts: synergism of homogeneous and heterogeneous catalysis. *Angew. Chem. Int. Engl.* 32: 1524-1544.
- Kolaric, S.; Sunjic, V. (1996). Comparative study of homogeneous hydrogenation of *D*-glucose and *D*-mannose catalyzed by water soluble Ru(tri(m-sulfophenyl)phosphine) complex. *J. Mol. Catal. A. Chem.* 110: 189-193.
- Kolaric, S.; Sunjic, V. (1996). Homogeneous catalytic hydrogenation of aldehydes and aldoses in organic solvents and water. *J. Mol. Catal. A. Chem.* 111: 239-249.
- Kruse, W.; Wright, L. (1993). Homogeneous catalytic hydrogenation of sugars. *Carbohydr. Res.* 64: 293-296.
- Kuntz, E. (1987). Homogeneous Catalysis in Water. *Chemtech.* 17: 570- 575.
- Levine, I.N. (2004). Fisicoquímica, Volumen 1, 1ra Edición, McGraw-Hill/ Interamericana. España.
- Millar, G. (1959). Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. *Anal. Chem.* 31: 426- 468.
- Páez, D. (1997). Catálisis bifásica: Perspectiva industrial. *Visión Técnica, INTEVEP. S.A.* 147-164.
- Papadogianakis, G.; Sheldon, R.A. (1996). Catalytic conversions in water: Employing water soluble transition metal complex. *New J. Chem.* 20: 175- 185.
- Purdue Engineering Annual Report (2009). Chemical analysis and testing standard procedure del ácido dinitrosalicílico (DNS), [en línea]. Recuperado el 24 de febrero de 2009, de <http://cobweb.ecn.purdue.edu/~lorre/16/research/LAP-006.pdf>



Sánchez-Delgado, R.A.; Rosales, M.
(1993). Homogeneous hydrogenation reactions catalyzed by ruthenium and osmium complexes. Trends. Inorg. Chem. 3: 479-496.

Incorporación del quinchoncho (*cajanus cajan* (L) millsp) en raciones alimenticias para pollos de engorde

Labrador José

Dirección de Investigación y Postgrado
Universidad Nacional Experimental Sur del Lago "Jesús
María Semprum"
labradorjr13@gmail.com
Venezuela

Andara Jesús

Dirección de Investigación y Postgrado
Universidad Nacional Experimental Sur del Lago "Jesús
María Semprum"
labradorjr13@gmail.com
Venezuela

Lopez Yulixe

Dirección de Investigación y Postgrado
Universidad Nacional Experimental Sur del Lago "Jesús
María Semprum"
labradorjr13@gmail.com
Venezuela

Fecha de recepción: 13-02-2014 Fecha de aceptación: 18-03-2014

Resumen

La explotación de aves de engorde es una alternativa de producción de carne blanca que aumenta el contenido de proteínas en la alimentación humana, se evaluó el efecto de la incorporación del quinchoncho (Q) (*Cajanus cajan* (L) Millsp) con el alimento concentrado (ALC) sobre el peso en pollos de engorde durante un ciclo de cuatro semanas, con las raciones: R1(100% ALC+0% Q) R2(90% ALC+10% Q) R3(80% ALC+20% Q) R4(70% ALC+30% Q) R5(50% ALC+50% Q) R6(20% ALC+80% Q), el ensayo se realizó

el municipio Tulio Febres Cordero, Estado Mérida, en un diseño completamente al azar, con unidades experimentales 1,5 m², la población fue 90 aves línea Ross, la muestra elegida fue 5 aves/1,5 m², se consideraron las condiciones edafoclimáticas de la zona y las labores de manejo básico, los resultados se procesaron por SAS y prueba de medias de Tukey, los criterios evaluados fueron peso vivo (PV), índice de conversión alimenticia (ICA) y relación beneficio costo (RBC). Los resultados indicaron diferencias altamente significativas ($P < 0,0001$) para el PV y RBC por efecto de las raciones, en el cual R3

y R4 fueron las mejores en PV con un promedio acumulado de 2.366,49 gr. Para ICA se destacaron R3 y R4 con valores óptimos en promedio de 1.31. En cuanto a RBC los mejores resultados fueron R3, R4 y R5 con valor un promedio de 14.620,47 Bs/kg. Se concluye que las mejores raciones suministradas fueron R3 y R4, altamente productivas e incrementaron eficientemente el rendimiento de carne blanca de las aves.

Palabras clave: *Cajanus cajan* (L) Millsp; ganancia de peso; índice de conversión alimenticia; pollos de engorde; quinchoncho

Incorporation of the quinchoncho (*Cajanus cajan* (L) millsp) in food rations for broiler chickens

Abstract

The exploitation of poultry is an alternative production of white meat that increases the protein content in human food, the effect of incorporation of pigeon (Q) (*Cajanus cajan* (L) Millsp) with concentrated feed (ALC) on the weight in broilers during a four-week cycle, with the rations: R1 (100% ALC + 0% Q) R2 (90% ALC + 10% Q) R3 (80% ALC + 20% Q) R4 (70% LAC + 30% Q) R5 (50% LAC + 50% Q) R6 (20% LAC + 80% Q), the trial was conducted Tulio Febres Cordero municipi-

pality, Merida State, in a completely random design, with experimental units 1.5 m², the population was 90 Ross line birds, the sample chosen was 5 birds / 1.5 m², the edaphoclimatic conditions of the area and the basic management tasks were considered, the results were processed by SAS and Tukey's means test, the criteria evaluated were live weight (PV), food conversion index (ICA) and cost benefit ratio (RBC). The results indicated highly significant differences ($P < 0.0001$) for the PV and RBC due to the effects of the rations, in which R3 and R4 were the

best in PV with an accumulated average of 2,366.49 gr. For ICA, R3 and R4 stood out with an average value of 1.31. As for RBC, the best results were R3, R4 and R5 with an average value of 14,620.47 Bs / kg. It is concluded that the best rations supplied were R3 and R4, highly productive and efficiently increased the yield of white meat of the birds.

Key words: *Cajanus cajan* (L) Millsp; weight gain; feed conversion index; broiler chickens, pigeon pea

Introducción

La avicultura en Venezuela constituye un renglón que provee a la población venezolana una fuente proteica económica y de gran valor nutricional (Díaz *et al.*, 1997) El consumo de carne de pollo de engorde está alrededor de 26 kg/año/persona (Procompetencia, 2004). Esto hace que haya una demanda creciente que se debe satisfacer y por ende el crecimiento interanual de la producción de pollos de engorde supera al poblacional (Procompetencia, 2004). Producir alimentos avícolas de alta calidad, accesibles y rentables es la meta de todos los productores y según los expertos en negocios avícolas, eso garantizará el éxito de la carne blanca en el Siglo XXI. La industria debe dejar atrás las prácticas de producción avícola tradicionales adoptando prácticas y procesos que evolucionen y se centren en el beneficio del consumidor actual (Heckma, 2003). Durante los últimos años, la evaluación del potencial nutricional de fuentes alimenticias no convencionales se ha convertido en un hecho de gran significación, con el objeto de cubrir la creciente demanda de proteína y energía para el consumo humano y animal (Angulo y León, 2002). Los pollos de engorde representan una fuente importante de ingresos para los países latinoamericanos, así como una fuente de proteína accesible al consumidor. La característica esencial del pollo de engorde es su rápido crecimiento, cualidad de naturaleza hereditaria derivada de una severa selección genética basada en rígidos patrones de productividad y

vigor orgánico rasgo de gran importancia económica pues aprovecha al máximo la ración alimenticia (Pokniak y Cornejo, 1985). Teóricamente los pollos para engorde presentan algunas características básicas de nutrición y alimentación: las raciones alimenticias.

Las raciones para pollos de engorde son mezclas completas que incluyen en proporciones balanceadas los nutrimentos necesarios para obtener óptima producción y rentabilidad, donde los alimentos energéticos contienen carbohidratos y lípidos o grasas y proporcionan calor y energía a las aves. Las fuentes de energía principales son el maíz, sorgo, quinchoncho, arveja, frijol, cebada, centeno, avena, melaza, grasas animales, grasas vegetales, y subproductos de molinería. Se recomienda usar raciones con granos combinados, con las grasas animales y vegetales con alto contenido energético en las raciones de pollos para engorde (Fernández y Marsó, 2003). El agua: estimula el desarrollo del ave, conserva la salud, ablanda los alimentos y ayuda en su digestión y asimilación, mantiene la temperatura corporal y elimina los residuos (Fernández y Marsó, 2003).

La conversión alimenticia es una medida de la productividad del animal es la relación entre el alimento consumido por el peso alcanzado. Por ejemplo, si se consume 4 kg de alimento para producir 2 kg de carne la conversión alimenticia es 2, cuanto menor sea la conversión más eficiente es el animal. Así, los pollos convierten rápidamente el alimento

en carne, logrando valores de 1.80 a 1.90 kg de peso vivo (Jordán, 1998).

Las leguminosas son alimentos muy interesantes desde el punto de vista nutritivo. Su consumo ha menguado mucho y se presentan en general, como granos secos separados de las vainas donde se producen (garbanzos, lentejas, alubias o judías blancas, habas). Por su composición, estimulan los procesos digestivos, regeneran la flora intestinal y son ricos en antioxidantes (vitamina C y beta carotenos) y ciertos minerales. (Barragán, 1999). Aportan muy pocas calorías, por lo que resultan de utilidad en regímenes para controlar el peso, su consumo se recomienda en casos de anemia (por su riqueza en clorofila, que posee efectos anti-anémicos, según algunos estudios) y también para personas con el estómago delicado, aunque algunas no toleran legumbres cocinadas, pero que sí sus germinados (Penz y Leevinieski, 1996).

El quinchoncho (*Cajanus cajan* (L) Millsp) es una leguminosa arbustiva conocida como fréjol de palo, gandul, (pigeón pea entre otros nombres regionales y locales) muy importante en la alimentación animal y humana por su aporte de proteínas (23%), carbohidratos, fósforo, hierro y además baja en grasas y minerales. Es utilizado en sistemas agrosilvopastoriles por sus diversos beneficios para mejorar el suelo, productor de sombra, barrera viva, entre otros. La harina de quinchoncho también ha sido evaluada en la alimentación suplementaria de porcinos y

de pollos de engorde con valores de conversión diaria y rendimiento en canal similares a los obtenidos en lotes de animales alimentados solamente con alimento balanceado (Penz y Leevinieski, 1996). Algunos autores evaluaron en el estado Zulia el efecto de incorporación de harina de quinchoncho (*Cajanus cajan* (L) Millsp) variedad "Táchira 401" (HGQ), sobre ganancia de peso corporal (GPC), consumo de alimento (CA) y conversión alimenticia (CVA) en 200 aves de engorde, (hembras línea Cobb) en 5 raciones: T1=0%; T2=5%; T3=10%; T4=15% y T5=20%. Luego de tres semanas de evaluación no hubo diferencias significativas entre las raciones para GPC (572, 606, 594, 591 y 597 g); CA (911, 936, 936, 936 y 913 g); CVA (1,60, 1,55, 1,58, 1,58, 1,68), respectivamente. Se concluyó que la inclusión de HGQ hasta un 20 % en dietas balanceadas para pollos de engorde en la etapa de crecimiento, mantuvo satisfactoriamente las variables productivas (Trómpiz *et al.*, 2009). En Costa Rica elaboraron y evaluaron una ración alimentaria para pollos de engorde en un sistema bajo pastoreo con insumos del trópico húmedo, se realizaron dos ensayos con pollos línea Cobb-500 bajo pastoreo, en el primer experimento se evaluaron dos tratamientos, concentrado vs una ración experimental (morera, puré de banano y harina de soya). Al comparar la ganancia de peso, consumo de alimento, índice de conversión y costo del alimento, se encontraron diferencias significativas entre ambos tratamientos a favor de los animales alimentados con

la dieta con concentrado comercial. En el segundo experimento, se comparó la alimentación con concentrado y dos tratamientos en los cuales se sustituyó el 10% y el 20% del concentrado por la ración experimental. Se hallaron diferencias significativas entre los tratamientos, observándose la mejor ganancia de peso e índice de conversión en los pollos alimentados con 100% de alimento concentrado (Cáceres *et al.*, 2006). El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la incorporación de quinchoncho (*Cajanus cajan* (L) Millsp) en raciones alimenticias sobre el peso vivo, el índice de conversión alimenticia y relación beneficio costo en pollos de engorde durante un ciclo de producción de cuatro semanas.

Materiales y Métodos

El tipo de investigación fue experimental y de campo bajo un diseño aleatorizado utilizando seis raciones alimenticias con tres repeticiones por ración. El experimento se realizó en él, municipio Tulio Febres Cordero, zona Sur del Lago de Maracaibo, estado Mérida, ubicada en una zona agro-ecológica de bosque seco tropical, altitud de 5 msnm, con una temperatura promedio anual de 27,3°C, humedad relativa promedio de 82%, velocidad del viento en promedio de 4,9 km/hr, y la radiación solar media fue de 405 cal/cm²/día. La precipitación promedio anual es de 1.700 mm/año, la evaporación se encuentra en una media de 1.473 mm, y el promedio anual de ETP es de 1.182 mm. El ensayo se estableció en un área de galpón de 10 m² y conducido

por un periodo de cuatro semanas, iniciándose con el acondicionamiento de la cama de los pollos, se utilizó una población de 90 pollos línea Ross de 14 días de edad, distribuidas al azar en seis raciones nutricionales de alimento concentrado (ALC) adicionado con quinchoncho (Q): R1 (100%ALC+0%Q), R2 (90%ALC+10%Q), R3 (80%ALC+20%Q), R4 (70%ALC+30%Q), R5 (50%ALC+50%Q) y R6 (20%ALC+80%Q). Las aves se ubicaron en 18 corrales de 5 pollos/1,5 m², con un manejo general y rutinario normal de granja de pollos de engorde. Se utilizó un diseño completamente al azar, con tres repeticiones por tratamiento. Las raciones alimenticias se suministraron a las aves después dos semanas, (14 días de crecimiento). Las evaluaciones se realizaron semanalmente para la ganancia de peso vivo, índice de conversión alimenticia y relación beneficio costo, hasta el fin del ciclo. Las raciones se suministraron a las aves incorporando quinchoncho al alimento concentrado de acuerdo lo señalado en el ensayo utilizando la balanza digital y un molino de disco. Se realizó el análisis proximal de las raciones evaluadas en el Laboratorio de Nutrición animal de la Universidad del Zulia. Se determinó el peso vivo cada semana mediante una balanza digital y al final del ciclo, se determinó el índice conversión alimenticia, dividiendo los g de ración alimenticia consumidos entre los g de peso vivo del animal por semana, además de la apariencia fenotípica de las aves y la relación costo beneficio al final del ciclo. Los datos se organizaron en una matriz y se procesa-

ron con el programa SAS versión 9,0 2005, donde se determinó el análisis de la varianza (Anova) y prueba medias comparativa de Tukey.

Resultados y Discusión

Variable ganancia de peso de las aves

En la Tabla 1, se muestra la prueba de medias de Tukey para la respuesta peso vivo de los pollos/semana,

donde los resultados revelaron diferencias altamente significativas entre las raciones. Los resultados mostraron que el mejor grupo de medias lo obtuvieron las raciones R3 (2.372,97 g) y R4 (2.361,00 g) con los valores más altos en peso vivo acumulado. Este incremento de peso pudo estar motivado por el alto contenido de proteína cruda (PC), extracto libre de nitrógeno (ELN) y nutrimentos digeribles (ND) incluidos en la ración suministrada, ya que éstas son elevadas

en la proporción de quinchoncho de la ración. Así mismo, estos componentes nutritivos se hacen digeribles y disponibles para las aves a medida que aumenta la edad, pues la actividad proteolítica de la pepsina se intensifica, y los componentes del alimento empiezan a ser transformados de manera importante en las últimas semanas del ciclo de vida de las aves (De Franceschi, 1999).

Tabla 1. Respuesta a la ganancia de peso/semana

Semanas	Raciones					
	R1	R2	R3	R4	R5	R6
1	434.50 ^b	514.57 ^b	773.83 ^a	732.63 ^a	561.71 ^b	459.67 ^b
2	155.48 ^{bc}	288.34 ^a	282.24 ^{ab}	323.17 ^a	121.48 ^c	274.85 ^{ab}
3	245.93 ^c	251.97 ^c	512.43 ^a	512.43 ^a	469.89 ^{ab}	353.31 ^{ab}
4	581.99 ^b	604.85 ^b	804.39 ^a	671.83 ^{ab}	523.04 ^b	678.35 ^{ab}
total	1406.49 ^c	1659.88 ^b	2372.97 ^a	2361.00 ^a	1632.63 ^b	1581.38 ^{bc}

Las diferentes letras presentan variaciones significativas

En este sentido, esta respuesta en peso vivo/semana (3a semana) del ensayo es parecida a la respuesta del ensayo realizado por Trompiz *et al.* (2009), en las mismas condiciones de corral con la línea Cobb incorporando proporciones quinchoncho en las raciones alimenticias donde la mejor ración de mezcla fue de 20% de quinchoncho (T5), por un ciclo de tres semanas sin diferencia significativa con un peso promedio de 592 g. Esta respuesta en valores de

peso vivo acumulado de este ensayo, supera a la respuesta reportada por Cáceres *et al.* (2005), aun cuando este investigador utilizó raciones alimenticias con puré de banano (10%), harina de soya (20%) y morera (100%) incorporados en las raciones alimenticias, pollos línea Cobb, con diferencias significativas, donde la mejor ganancia de peso fue para las aves nutridas con 100 % de alimento concentrado

Variable índice de conversión alimenticia de las aves

Se determinó Índice de conversión alimenticia (ICA) semanal para todas las raciones, (Tabla 2) indicando que existe diferencia entre los promedios simples entre las raciones, se pueden apreciar que las raciones R3 y R4 son las mejores con valor un promedio en ICA de 1,31 siendo el más deficiente la R1 en un promedio de 2.05. Es importante agregar que

los índices de conversión alimenticia efectivo en sistemas de producción avícola se encuentran por debajo de 1,8 en este sentido, el ICA elevado indica mucho consumo de ración alimenticia e insuficiente peso vivo,

mientras que un ICA menor revela bajo consumo de ración alimenticia y óptimo peso (Ross, 2000). El ICA está relacionado con los análisis bromatológicos de sus componentes (Proximal) y a medida que aumenta

la PC, ELN, ND y EE (extracto etéreo o lípidos), aumenta el peso vivo del pollo por lo tanto el ICA es menor.

Tabla 2. Índice de conversión alimenticia semanal

Semanas	Raciones					
	R1	R2	R3	R4	R5	R6
1	1,33	1,18	0,90	0,95	1,21	1,22
2	2,07	1,64	1,35	1,36	1,71	1,94
3	2,49	2,06	1,52	1,44	2,03	2,29
4	2,30	1,99	1,48	1,49	2,05	2,07
total	2,05	1,72	1,31	1,31	1,75	1,88

Esta respuesta en índice de conversión alimenticia del ensayo supera a los valores del ensayo realizado por Trompiz. *et al.* (2009), donde la mejor ración de mezcla fue de 20% de quinchoncho, con un promedio de 1,60 para un ciclo de tres semanas. Asumiendo que el ICA se conserva en 1,65 en las tres últimas semanas, estos valores no superan la respuesta de este ensayo y con diferencias no

significativas para esta variable.

Relación Beneficio Costo (Bs/kg)

En la Tabla 3 se muestra la respuesta para la variable relación beneficio costo donde los resultados revelaron diferencia altamente significativa entre las raciones, reconociéndose la hipótesis alternativa,

en el cual se pueden apreciar tres grupos de medias, el primer grupo conformado por la ración R6 con el valor más alto en valor de 22.404,10 Bs/kg, un segundo grupo intermedio conformado por las raciones R3, R4 y R5 con valor un promedio en Bs/kg 14.620,47 Bs/kg y un tercer grupo con el valores más bajos conformado por las raciones R1 y R2 con un valor promedio de Bs/kg de 5.069,70.

Tabla 3. Relación beneficio costo/ave al fin del ciclo

	Raciones					
	R1	R2	R3	R4	R5	R6
Costo (Bs)	3.585 ^e	6.554,4 ^d	12.142,9 ^d	15.407,6 ^c	16.310,9 ^b	22.404,1 ^a

Las diferentes letras presentan variaciones significativas

Esta respuesta comercial de costo en bs/ kg para carnes blancas es muy bueno, así los pollos alimentados con la ración R6 fue la que revelo el mejor precio es antieconómica, sin embargo el margen de ganancia no es insuficiente para cubrir los costos de producción, pues el precio de mercado al consumidor de pollo beneficiado es de 20 Bs/kg. En cuanto al precio promedio integrado por las raciones R3, R4 y R5 con un valor de Bs/kg 14.620,47 se acepta como el mejor, pues al compararlo con el precio del mercado actual, el margen de ganancia es de 5.379,53 Bs/kg y además el peso vivo equivalente y la apariencia corporal de los pollos son las mejores al alimentarlos con estas raciones. Finalmente el precio promedio compuesto por las raciones R1 y R2 es de Bs/kg 5.069,7, que representa el precio a más bajo de costo para producir un ave y alto margen de ganancia, pero las aves presentan un aspecto físico muy inestable e inconsistente y su peso en carne blanca es muy deficiente, poco aceptados en el mercado actual del consumidor.

Conclusiones

Las raciones R3 (80%ALC+20%Q) y R4 (70%ALC+30%Q) son las mejores con los valores más altos en peso vivo por semana en un promedio acumulado de 2.366,49 gr revelando diferencias altamente significativas entre los tratamientos o raciones por semana.

En cuanto al índice de conversión alimenticia final, las raciones R3 y R4 representan los valores óptimos de ICA, ya que las aves alcanzaron valores promedios que indica un consumo eficiente de alimento y que el aumento de peso es máximo, con un valor promedio de ICA 1,31.

En relación al benéfico-costos, las raciones R3, R4 y R5 son las mejores con un costo promedio/ave de Bs/kg 14.620,47 aceptable con respecto al costo del mercado actual (Bs/kg 20), que por diferencia la ganancia neta es de Bs/ kg 5.379,53 muy bueno y además el peso vivo y la apariencia corporal de las aves son las mejores al alimentarlas con estas raciones.

Agradecimiento

A la Dirección de Investigación y Postgrado de la Universidad Nacional Experimental Sur del Lago “Jesús María Semprum”, Santa Bárbara, estado Zulia.

Referencias Bibliográficas

- Angulo, I.; León, A. (2002). Las leguminosas en la alimentación de las aves. Memorias. Un programa integral de investigación en leguminosas. Memorias Sartenejas, estado Miranda. UCV-PALMA-VEN. 273-282
- Barragán, J (1999). Influencias del manejo en el metabolismo del pollo de engorde. Selecciones Avícola. España. 41 (12): 769
- Cáceres, J.; Cedeño J.; Taylor, R.; Okumoto, S. (2006). Elaboración y evaluación de una ración alimentaria para pollos de engorde en un sistema bajo pastoreo con insumos del trópico húmedo. Universidad de EARTH. Las Mercedes de Guácimo. Limón. Costa Rica. Revista Tierra Tropical. 2 (2):113- 120
- De Franceschi, M. (1999). Pollos y su rápido crecimiento. Manual de Avicultura. Universidad Nacional de Lujan. Buenos Aires. Argentina. 3 (2): 144-149, [en línea], de [http://www. produccion-animal.com.ar/](http://www.produccion-animal.com.ar/)
- Díaz, D R.; González, D.; Rivero, D.; Collante, J. (2007). Evaluación productiva (IOR) en una granja de pollos de engorde del Estado Trujillo con dos sistemas de producción (estudio de casos). Departamento de Ciencias Agrarias. “Núcleo Universitario Rafael Rangel” (NURR). Universidad de Los Andes (ULA). Trujillo. Venezuela. Agricultura Andina. (12): 55-65.
- Fernández, M. V.; Marso, M. A. (2003). Estudio de la Carne de Pollo en tres Dimensiones: Valor Nutricional, Representación Social y Forma de Preparación. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Investigación y Extensión agropecuaria. Buenos Aires. Argentina. 10-11.
- Heckma, D. (2003). Un enfoque “promisorio” para la Producción

Avícola. Avicultura Profesional.
21(1/2): 6-7

Jordán, E. T. (1998). Mejora de la producción avícola bajo condiciones climáticas a través del manejo y sanidad. Selecciones Avícolas. España. 40 (6): 325

Penz, L.; Leevinieski, J. (1996). Programas de alimentación para pollos. Industria Avícola. Brasil. 43 (10): 18

Pokniak, J.; Cornejo, S. (1985). Influencia de la restricción alimentaria. Información Express. Avicultura CIDA. 9 (1): 22

Procompetencia. (2004). Investigación sobre la estructura de mercado y dinámica de la competencia en la agroindustria del pollo beneficiado, [en línea], de <http://www.procompetencia.gor.ve/informepollo.html>.

Ross, R. (2000). Manual de manejo del pollo de engorde, [en línea], de <http://www.Rossbreeders.com>.

Trómpiz, J.; Rincón, H.; Fernández, N.; González, G.; Higuera, A.; Colmenares, C. (2009). Variables productivas en pollos de engorde alimentados con granos de quinchocho durante el crecimiento. Universidad del Zulia. Proyecto Condes. Decanato de Investigación. Maracaibo. Venezuela. 340 pp.

Diseño de celda redox de vanadio y sistema con flujo de electrolito

Márquez Keyla

Laboratorio de Electroquímica, Departamento de Química
Facultad de Ciencias, Universidad de Los Andes
keylaenator@gmail.com

Márquez Olga

Laboratorio de Electroquímica, Departamento de Química
Facultad de Ciencias, Universidad de Los Andes
keylaenator@gmail.com

Márquez Jairo

Laboratorio de Electroquímica, Departamento de Química
Facultad de Ciencias, Universidad de Los Andes
keylaenator@gmail.com

Fecha de recepción: 08-02-2014 Fecha de aceptación: 16-03-2014

Resumen

Se han obtenido resultados interesantes y promisorios en la evaluación de una celda estática redox de vanadio. Se continúa con el diseño y construcción de un reactor electroquímico de platos paralelos con flu-

jo de electrolito, de diseño sencillo, simple geometría, bajo costo relativo y larga duración; también se monta el sistema de flujo que lo alimentaría. La reproducción en el sistema con flujo de los resultados obtenidos en celda estática, conduciría al montaje de baterías recargables con energías

alternas o baterías de funcionamiento continuo para la alimentación de sitios remotos donde sea difícil el suministro de energía eléctrica.

Palabras clave: Celdas redox; celda de vanadio; celda con flujo de electrolito; energía alternativa

Redox design of vanadio y cell system with electrolyte flow

Abstract

Interesting and promising results have been obtained in the evaluation of a vanadium redox static cell. It continues with the design and construction of an electrochemical reactor of parallel plates with electrolyte

flow, simple design, simple geometry, low relative cost and long duration; the flow system that feeds it is also mounted. The reproduction in the system with flow of the results obtained in static cell, would lead to the assembly of rechargeable batteries with alternate energies or batte-

ries of continuous operation for the feeding of remote sites where it is difficult the supply of electrical energy.

Key words: redox cells; vanadium cell; cell with electrolyte flow; alternative energy

Introducción

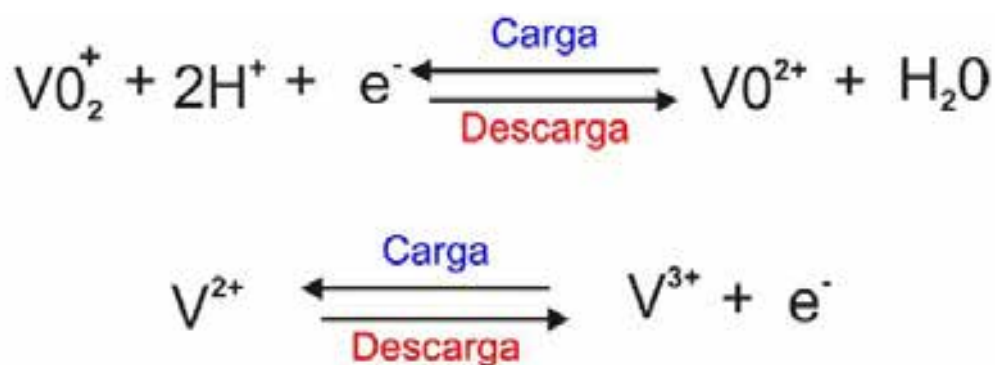
Existe en la actualidad una gran demanda por fuentes alternativas energéticas a los combustibles fósiles y es bien conocido, que las ba-

terías electroquímicas pueden almacenar energía química y suministrar energía eléctrica cuando ésta es requerida. Las comúnmente utilizadas baterías secundarias almacenan la energía en electrodos sólidos (Beck

y Ruetschi, 2000) mientras que las baterías redox, por ejemplo, de vanadio, almacenan la energía en una solución electrolítica que contiene especies de vanadio disueltas en ácido sulfúrico [Haddadi *et al.*, (1995)].

El esquema I ilustra las reacciones para una celda redox de vanadio

Esquema I. Par redox para una celda de vanadio



En las baterías redox con flujo, los combustibles de alimentación son convertidos en electricidad sobre los electrodos. La potencia y capacidad energética para estos sistemas pueden ser diseñadas por separado; la potencia (kW) del sistema es determinado por el tamaño de los electrodos y el número de celdas en el

arreglo, mientras que la capacidad de almacenamiento energético (kWh) es determinada por la concentración y volumen del electrolito. Ambos, la energía y la potencia pueden ser fácilmente ajustables, para el almacenamiento de horas, días, semanas y meses, dependiendo de la aplicación, esta es otra ventaja importante de

este tipo de sistema.

Las baterías redox de vanadio son de bajo costo, de relativamente bajo impacto ambiental, alto ciclo de vida y pueden ser recargadas mecánicamente, en corto tiempo (Figura 1).

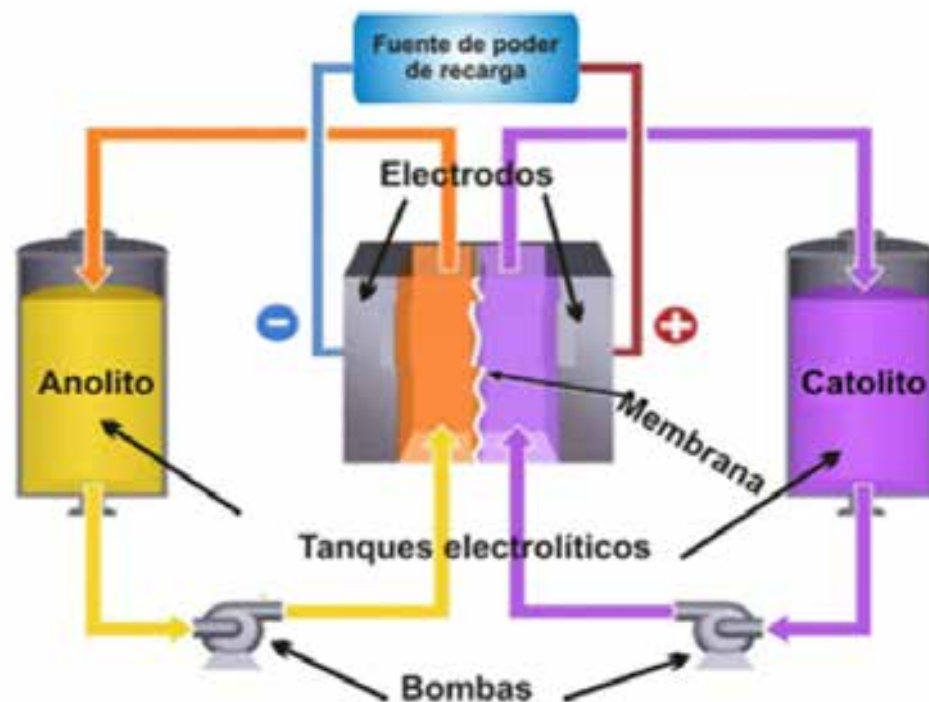


Figura 1: Batería de flujo redox de Vanadio con recarga

El sistema redox de vanadio ha estado bajo un intenso estudio estas últimas dos décadas [Pellegrini y Spaziante, (1978); Skyllas-Kazakos *et al.*, (1986)] y algunos sistemas están siendo comercializados [Zitto (1993); Tokuda *et al.*, (1998)]. El desarrollo de esta tecnología se considera con futuro en transporte y en estaciones de almacenamiento [Skylas-Kazacos *et al.*, (1999)]. Esta investigación tiene por objetivo diseñar y construir una celda con flujo, el montaje y prueba del 113 Observador del Conocimiento sistema con flujo correspondiente. Una evaluación favorable conduciría a la preparación de baterías redox de vanadio y el posterior acoplamiento

de un sistema recargable con fuentes alternas de energía. Estudios estructurales de especies de vanadio hidratadas y neutras son propuestos por [Vijayakumar *et al.*, (2010a) y Vijayakumar *et al.*, (2010b)].

Materiales y Métodos

Se construyó una celda con dos placas paralelas planas de grafito de alta pureza como electrodos (100 cm² de área superficial), separados 0,5 cm, en compartimientos separados por una membrana catiónica de Nafion® 107. El cuerpo de la celda es de plexiglass, material resistente a los ácidos y con un diseño especial de entrada y salida de flujo, para lograr

una distribución uniforme de flujo de electrolito sobre los electrodos.

La celda fue diseñada con flujos separados y reciclado, de anolito y catolito para máxima eficiencia. El sistema con flujo incorpora dos bombas y dos flujímetros, para el mantenimiento y control del flujo del electrolito en cada uno de los compartimientos de la celda por separado. Se evitó sobrepresión en el sistema, por la incorporación de brazos laterales de retorno y trampas de desahogo. El sistema también incorpora dos reservorios (10 L) para anolito y catolito. La experimentación se realiza bajo condiciones de atmósfera inerte (Ar, N₂).

Resultados y Discusión

Estudios preliminares en el Laboratorio de Electroquímica de la Universidad de los Andes propuestos por Colt *et al.*, (2010) en celda con cuerpo de plexiglass, tres electrodos, membrana de intercambio protónico, electrolito de vanadio y vías de

desgasificación, permitieron definir los parámetros óptimos de funcionamiento en celda estática, según se especifica a continuación: Electrodo de Trabajo de placa de Grafito poroso, separador de membrana de Nafion 107 y medio electrolítico, catolito (V^{5+}) y analito (V^{2+}), preparados por electrólisis potenciostática de so-

luciones de vanadilo en medio ácido.

La Figura 2 muestra los distintos estados de oxidación del vanadio, en función del potencial aplicado y del medio electrolítico utilizado. También muestra los colores característicos de estas especies.

Figura 2.- Especies coloreadas de Vanadio a distintos potenciales y diferente medio



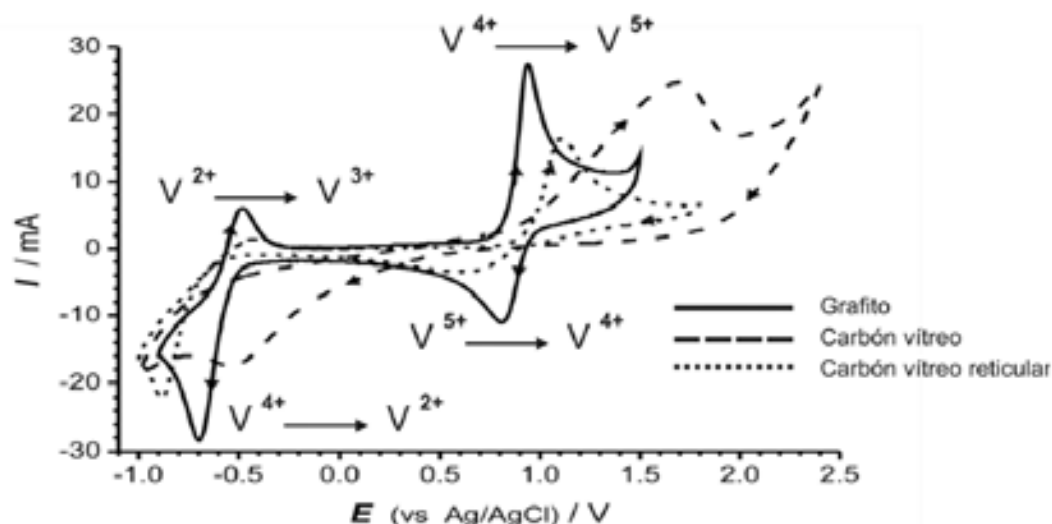
Se midió un voltaje de celda de 1.47 V a circuito abierto y la celda pudo ser recargada in situ o por suministro de nuevo electrolito. Se obtuvieron además valores de rendimiento en carga (92.37%), voltaje

(87.13%) y energía de (80.48%).

La voltametría cíclica (Figura 3) muestra los pares redox V^{2+}/V^{3+} a alrededor de los -0.6 V y V^{4+}/V^{5+} a alrededor de los 0.9 V . La voltametría

cíclica sobre grafito muestra menos complejidad, mayor reversibilidad, pares redox definidos reversibles y ocurrencia de procesos más selectivos.

Figura 3. Voltametría Cíclica de electrodos de carbón en VOSO₄ / H₂SO₄



La Figura 4 muestra la celda de flujo utilizada, el diseño que se aprecia permite una distribución uniforme de flujo de electrolito sobre los electrodos de trabajo, los cuales son separados por una membrana intercambiadora de protones, que mantiene la conductividad iónica y evita la mezcla de catolito y anolito. En esta etapa, se realizó el diseño y construcción de un reactor de platos paralelos con flujo de electrolito, de diseño sencillo, simple geometría, bajo costo relativo y larga duración (figura 4). Incorpora dos placas pla-

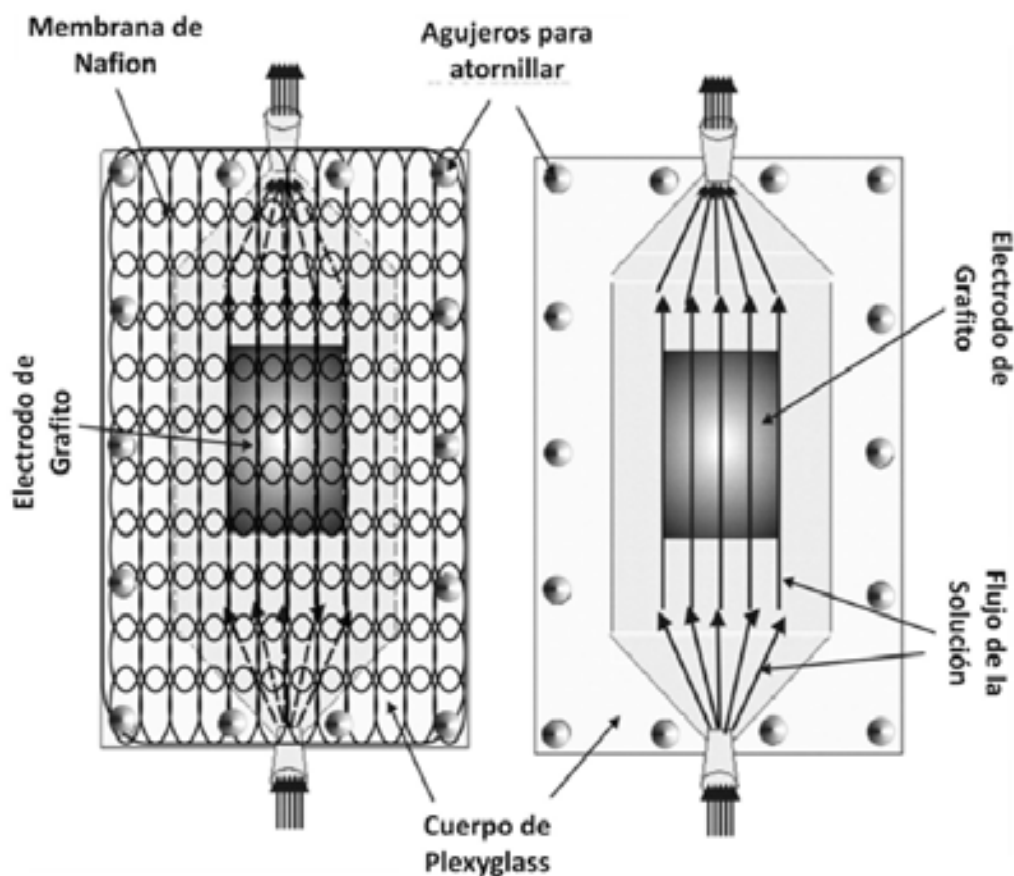
nas de grafito de alta pureza como electrodos (100 cm² de área superficial), fijados paralelos uno al otro y con 0,5 cm de distancia, en compartimientos separados por una membrana catiónica de Nafion 107. El cuerpo transparente de la celda es de plexyglass, material resistente a ácidos moderados y con un diseño especial de entrada y salida de flujo, para lograr una distribución uniforme de flujo de electrolito sobre los electrodos. La celda fue diseñada con flujos separados y con reciclado, de anolito y catolito para máxima eficiencia. En

los experimentos se ha utilizado una velocidad de flujo bajo condiciones de flujo laminar, según definido por el número de Reynolds:

$$Re = \frac{\rho \bar{U} d}{\mu}$$

donde ρ es densidad del fluido, μ la viscosidad absoluta, \bar{U} velocidad de flujo y d longitud de camino del flujo.

Figura 4. Celda de dos compartimientos y dos electrodos para electrogeneración en un sistema de flujo

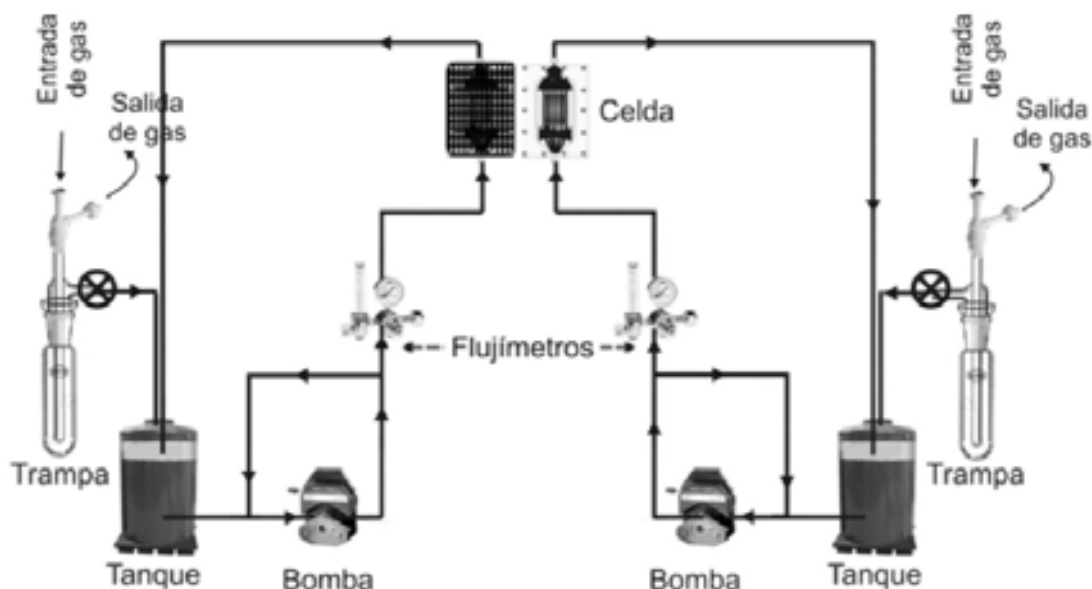


El sistema completo con flujo se presenta en la Figura 5, la experimentación se pudo realizar bajo condiciones de atmósfera inerte (Ar, N₂). El montaje ya hecho, fue probado en medio acuoso y correcciones por fugas realizadas (Figura 5) incorporando dos bombas y dos flujíme-

tros, para el mantenimiento y control del flujo del electrolito, en cada uno de los compartimientos de la celda por separado. Se evitó sobrepresión en el sistema, por la incorporación de brazos laterales de retorno y trampas de desahogo. El sistema también incorpora dos reservorios (10 Lts) para

anolito y catolito. La experimentación se pudo realizar bajo condiciones de atmósfera inerte (Ar, N₂). Los experimentos preliminares nos permitieron determinar condiciones de funcionamiento y parámetros de celda.

Figura 5. Diagrama del Sistema con Flujo



Conclusiones

El rendimiento energético en estas celdas supera el 80% y a ello se suma, además de características ya citadas, un suministro ininterrumpido de electricidad, disponibilidad en casos de emergencia, acoplamiento con fuentes de suministro de energía, en particular con energías alternativas, larga vida de funcionamiento, problemas mínimos de autodescarga, funcionamiento inmediato cuando requerido, mantenimiento sencillo, baja contaminación y larga reciclabilidad. Con los resultados en celda estática y el diseño y construcción de celda y sistema de flujo, se estudiará el efecto de parámetros electroquímicos y condiciones óptimas de operación de la celda. El proyecto está en desarrollo, se ha hecho el diseño y montaje de celda y sistema con flujo,

actualmente se prepara y recarga ex-situ el medio electrolítico. Paralelamente y con el laboratorio de Física aplicada, se completó y adaptó al estudio un simulador solar. Se determinan figuras de mérito y se diseña el sistema de recarga. Se inicia la etapa de cuantificación.

Agradecimiento

Al ONCTI; proyecto PEII 2011001392 y a la Universidad de Los Andes (ULA), por el apoyo y financiamiento.

Referencias Bibliográficas

Beck, F.; Ruetschi, P. (2000). Rechargeable batteries with aqueous electrolytes. *Electrochim. Acta.* 45: 2467.

Colt, G.; Márquez, J.; Martínez, Y.; Márquez, O. (2010). Evaluación de una Celda Redox de Vanadio. *Univ. Cienc. Tecnol.* 56.

Haddadi, V.; Kazacos, M.; Skyllas, M. (1995). Electrochemical Behavior of Vanadium (V) Compounds in H₂SO₄ Solution. *J. Appl. Electrochem.* 25: 29.

Pellegrini, A.; Spaziant, P. (1978). Patent GB2030349A10.

Skyllas-Kazacos, M.; Peng, C.; Cheng, M. (1999). Evaluation of precipitation inhibitors for super-saturated vanadyl electrolytes for the vanadium redox battery. *Electrochem. and Solid State Lett.* 2(3): 121-122.

Skyllas-Kazakos, M.; Rychcik, M.; Robins, G.R.; Fane, G.A.; Green, M.J. (1986). New All-Vanadium Redox Flow Cell. *Electrochem. Soc.* 133(5):1057.

Tokuda, N.; Kumamoto, T.; Shigematsu, T.; Deguchi, H.; Ito, T.; Yoshikawa, N.; Hara, T. (1998). Development of a redox flow battery system. *SEI Technical Review* N°45. Understanding the Poor Thermal Stability of V^{5+} Electrolyte Solution in Vanadium Redox Flow Batteries.” *J. Power Sources*, 196(7):3669.

Vijayakumar, M.; Burton, S. D.; Huang, C.; Li, L.; Yang, Z.; Graff, G. L.; Liu, J.; Hu, J.; Skyllas-Kazacos, M. (2010a). Nuclear Magnetic Resonance Studies on Vanadium(IV) Electrolyte Solutions for Vanadium Redox Flow Battery. *J. Power Sources*. 195. 7709.

Vijayakumar, M.; Li, L.; Yang, Z.; Graff, G. L.; Liu, J.; Zhang, H.; Hu, J. (2010b). Towards understanding the poor thermal stability of V^{5+} electrolyte solution in Vanadium Redox Flow Batteries. *Journal of Power Sources*. 196(7):3669.

Zitto, R. (1993). Patent PCT/GB93/02110.

Significados institucionales y personales de los objetos matemáticos puestos en juego en el proceso de enseñanza y aprendizaje de la matemática

Martínez Angélica

Universidad Pedagógica Experimental Libertador de Maracay
marioarrieche@hotmail.com
Venezuela

Arrieche Mario

Universidad Pedagógica Experimental Libertador de Maracay
marioarrieche@hotmail.com
Venezuela

Fecha de recepción: 20-02-2014 Fecha de aceptación: 13-03-2014

Resumen

El significado que los profesores y los estudiantes le asignan a los distintos objetos matemáticos puestos en juego en cada contexto de estudio; puede ser factor influyente en la intensificación de la problemática existente en la enseñanza y aprendizaje de la matemática en todos los niveles educativos del país. Ante esta situación, esta investigación tiene como objetivo identificar, describir, explicar, interpretar y analizar los significados institucionales y personales de los objetos matemáticos

puestos en juego en los procesos de enseñanza y aprendizaje de la matemática. Para lograr el objetivo planteado se estimará la clasificación en el marco del enfoque ontosemiótico de la cognición e instrucción matemática (EOS), donde se tienen: los significados institucionales, los significados personales; además del uso de otras nociones. Desde el punto de vista metodológico, se combinará el estudio documental y cualitativo en la faceta epistemológica de la investigación; para la faceta instruccional se considerará el estudio de casos de experiencias de enseñanza seguido

por los criterios derivados del análisis semiótico; mientras para la faceta cognitiva, se tendrá un enfoque cuantitativo y experimental combinado con un enfoque cualitativo e interpretativo, siendo la encuesta la técnica a aplicar. Cabe destacar que esta investigación se encuentra en fase de ejecución y está acreditado en el Programa de Estímulo a la Innovación e Investigación (PEII).

Palabras clave: Enfoque ontosemiótico; enseñanza de la matemática; cognición e instrucción matemática

Institutional and personal meanings of mathematical objects positions in play in the teaching process and learning of mathematics

Abstract

The meaning that teachers and students assign to the different mathematical objects put into play in each study context; It can be an influential factor in the intensification of the existing problem in the teaching and learning of mathematics at all educational levels of the country. Given this situation, this research aims to identify, describe, explain, interpret and analyze the institutional and personal meanings of the mathematical objects put into play in the teaching and learning processes of mathematics. In order to achieve the objective, the classification will

be estimated within the framework of the ontosemiotic approach of cognition and mathematical instruction (EOS), where the following are: institutional meanings, personal meanings; besides the use of other notions. From the methodological point of view, the documentary and qualitative study will be combined in the epistemological facet of the research; for the instructional facet, the study of cases of teaching experiences followed by the criteria derived from the semiotic analysis will be considered; while for the cognitive facet, there will be a quantitative and experimental approach combined with a qualitative and interpretative

approach, the survey being the technique to be applied. It should be noted that this research is in the execution phase and is accredited in the Innovation and Research Stimulus Program (PEII), where the expected educational contributions, by implementing new technologies and resources, and by reflexively analyzing possible curricular, instructional improvements and didactics, they will be powerful.

Key words: Ontosemiotic approach; teaching of mathematics; cognition and mathematical instruction

Introducción

La pregunta inicial que motivó esta investigación fue ¿Qué significados institucionales y personales se le pueden atribuir a los objetos matemáticos puestos en juego en el proceso de enseñanza y aprendizaje de la matemática de los diferentes niveles del Sistema Educativo Venezolano? En relación a esta pregunta, se considera que el significado dado por los profesores y los estudiantes a los distintos objetos matemáticos puestos en juego en el contexto de estudio en el que están inmersos, es uno de los factores, que puede influir en la intensificación de la problemática existente en la enseñanza y el aprendizaje de la matemática en todos los niveles educativos del país, siendo un problema didáctico abierto y de interés para abordar en esta investigación, confiando que los aportes serán significativamente positivos dada la situación actual.

Es de hacer notar, que en este trabajo se especifica que el significado que los profesores, los libros de texto y los estudiantes le atribuyen a un determinado objeto matemático no es sólo la definición de su concepto, sino que también involucra los ejemplos, los tipos de problemas, las notaciones, las propiedades y las demostraciones de los teoremas referidos a dicho objeto. En este sentido, es de interés explicar, describir y analizar los significados que poseen los profesores de matemática, cómo los transmiten, los que están propuestos en los libros de texto y en los currículos y los que efectivamente

son usados en las evaluaciones que realizan a sus estudiantes; los cuales se definen como significados institucionales.

Por otra parte, se agrega a esta lista los significados que los estudiantes manifiestan en el proceso de enseñanza y aprendizaje de un contenido matemático, considerando cómo aprenden, las dificultades que presentan y los errores cometidos; a tales significados se denominan significados personales.

Esta investigación permitirá responder sistemáticamente las interrogantes que son formuladas según tres dimensiones o categorías: epistemológica, cognitiva e instruccional (Godino, 1999; Arrieche, 2002, Capace, 2008).

Generalmente la noción de significado es utilizada informalmente en los estudioididáticos relacionados con la matemática, la cual constituye un tema central de mucha discusión en Filosofía, Semiótica, Lógica, Sociología, Pedagogía y en otras disciplinas interesadas en estudiar el conocimiento humano (Godino, 1994). Además, la investigación actual, en Didáctica de la Matemática, toma en cuenta el análisis de esta noción para abordar el estudio de los procesos de enseñanza y aprendizaje de esta asignatura en cualquiera de los niveles educativos existentes.

En tal sentido, se considera necesario el desarrollo de esta investigación porque al poner en funcionamiento el modelo semiótico

co-antropológico para la investigación en Didáctica de la Matemática, conocido actualmente como enfoque ontosemiótico de la cognición e instrucción matemática (Godino, 2003) y usado en sus investigaciones por Arrieche (2010), Alvarenga (2010), Álcocer (2009), Capace (2008), Arrieche (2002), Tauber (2001), Roa (2000), Font (2000), y Recio (1999), respectivamente, permitirá conocer toda la riqueza contenida en relación a los significados institucionales y personales de los objetos matemáticos inmersos en el currículo de los diferentes niveles de nuestro Sistema Educativo Venezolano.

También se considera como un valioso aporte de este estudio, el planteamiento de otros subproblemas generados de éste, tales como la identificación y análisis de los significados transmitidos por un profesor, los utilizados para evaluar a los estudiantes, los encontrados en un libro de texto, los manifestados por los estudiantes después de un proceso de estudio, entre otros.

Cabe destacar que la realización de esta investigación induce a realizar una descripción sistemática del tipo de errores cometidos por los estudiantes en el aprendizaje de los contenidos matemáticos que conforman los diferentes programas de los niveles educativos considerados. Además, un número considerable de los subproblemas que se generen de la misma, se convertirán en el trabajo de grado y tesis doctorales de algunos estudiantes de Maestrías en Enseñanza de la Matemática y Doc-

torado en Educación de algunas Universidades del país, tales como Universidad Pedagógica Experimental Libertador- Maracay (UPEL-Maracay), Universidad Nacional Experimental Francisco de Miranda (UNE-FM), la Universidad de Carabobo (UC), Universidad Nacional Experimental Rómulo Gallegos (UNERG), entre otras.

Godino (1999) considera que la investigación didáctica debe hacer esfuerzos para poner en relación y articular las diversas facetas que se ponen en juego en los procesos de enseñanza y aprendizaje de las matemáticas en el seno de los sistemas didácticos. Entre estas facetas se identifican las siguientes: epistemológica (la naturaleza del contenido matemático); cognitiva (procesos de comprensión de los estudiantes; dificultades y obstáculos), e instruccional (procesos de enseñanza y aprendizaje en contextos escolares, currículo y procesos de estudio). Con base a esto, serán descritas, las nociones teóricas que se usarán en el estudio de las tres dimensiones mencionadas, desarrolladas en el modelo teórico propuesto por autores, que lo consideran como un enfoque semiótico-antropológico a la investigación en didáctica de las matemáticas (Godino y Batanero, 1994; Godino y Batanero, 1997).

Entre las nociones básicas que proponen los autores citados para el análisis didáctico están las de “significado institucional y personal de un objeto matemático”. Tales significados se conciben como los sistemas

de prácticas (operativas y discursivas) realizadas por una persona (o en el seno de una institución) para resolver un campo de problemas matemáticos.

Godino (2003) complementa la información sobre los significados institucionales y personales con una clasificación de los mismos. Para los significados institucionales se mencionan cuatro tipos: “Significados de referencia, pretendido, implementado y evaluado” (Godino, 2003, p.10). Los significados de referencia son aquellos que están presentes en los libros de textos y que los expertos consideran que poseen el tipo de prácticas correspondientes al objeto matemático en estudio. Dichos significados son normalmente utilizados por los docentes al preparar la planificación de su clase, éstos le ayudan a ordenar y discriminar entre los aspectos que conforman el contenido del tema a enseñar, tomando en cuenta las características del proceso. Los significados pretendidos son aquellos que están involucrados en la planificación de las actividades (sistemas de prácticas) que permitan al estudiante alcanzar el conocimiento del objeto matemático.

Los implementados sirven de referencia para el estudio de los estudiantes y la planificación de las evaluaciones. Los significados evaluados son los que son considerados por el docente al seleccionar las tareas y al construir pruebas, cuestionarios, entre otros.

Los significados personales son clasificados en: “global, declarado

y logrado” (Godino, 2003). Los significados globales se refieren a todas las experiencias incluidas dentro de un sistema de prácticas, expresadas efectivamente por el educando sobre un contenido matemático. Los declarados proporcionan información sobre las prácticas referidas a la evaluación propuesta. Los significados logrados son aquellos que se manifiestan en las prácticas y que están de acuerdo con las pautas institucionales.

Los sistemas de prácticas que una institución considera apropiados para resolver un tipo de tareas son denominados por Chevallard et al., (1997) una praxeología matemática, noción que se puede asimilar con la que Godino y Batanero (1997) denominan “significado institucional de un objeto matemático”. La interpretación de las praxeologías como significados de los objetos matemáticos (teorías, contenidos u organizaciones matemáticas) supone la adopción de una epistemología de tipo pragmática y relativista (en consonancia con la filosofía de las matemáticas de Wittgenstein).

La noción de praxeología constituye una herramienta potente para analizar la variedad de significados atribuidos a las expresiones “teoría de conjuntos” y “número natural”. Para seleccionar los aspectos de la teoría de conjuntos viables en un nivel y contexto educativo es necesario disponer de las diversas posibilidades e identificar sus elementos constituyentes, así como tener en cuenta las relaciones ecológicas entre los

objetos matemáticos (Godino, 1993).

Por otra parte, para describir y explicar los logros y dificultades de los estudiantes se deben analizar con suficiente detalle el proceso de estudio, los patrones de interacción docente-discente a lo largo del proceso, así como la trama compleja de objetos y relaciones que constituyen el conocimiento pretendido. Con dicho fin las nociones de “praxeología didáctica” y “función semiótica” pueden ser herramientas conceptuales útiles.

La noción de praxeología didáctica [Chevallard, (1997)] se corresponde con la de praxeología matemática, pero en este caso el componente praxémico se refiere a las tareas del profesor y del estudiante, las técnicas de estudio, y de ayuda al estudio. Para el profesor, en el momento de la planificación de la enseñanza, se trata de diseñar una praxeología matemática viable y en el momento de la realización de la instrucción se trata de decidir y aplicar las técnicas de ayuda al estudio mejor adaptadas.

Un aspecto integrante de la praxeología didáctica es la distribución en el tiempo de las diversas funciones docentes y discentes en conjunción con los distintos componentes de las praxeologías matemáticas. Se necesita describir el diálogo efectivamente ocurrido entre profesor y estudiante a propósito de cada componente del saber matemático, o prever posibles alternativas para tales diálogos e interacciones. Los distintos elementos que componen la

praxeología matemática escolar deberán ser abordados por el docente y discente de acuerdo con patrones de interacción definidos y distribuidos en el tiempo, lo que constituye una trayectoria didáctica.

Otro concepto a tratar bajo el enfoque ontosemiótico, es considerar como objeto o entidad matemática “todo aquello que puede ser indicado, todo lo que puede señalarse o a lo cual puede hacerse referencia, cuando hacemos, comunicamos o aprendemos matemáticas” (Godino, 2001). Para analizar los procesos de enseñanza y aprendizaje de las matemáticas se considera necesario explicitar los distintos tipos de objetos mediante los cuales describir la actividad matemática y los productos resultantes de la misma.

Godino (2001) propone los siguientes tipos de entidades:

- Lenguaje (términos, expresiones, notaciones, gráficos). En un texto vienen dados en forma escrita o gráfica pero en el trabajo matemático pueden usarse otros registros (oral, gestual). Mediante el lenguaje (ordinario y específico matemático) se describen otros objetos no lingüísticos.
- Situaciones (problemas más o menos abiertos, aplicaciones extramatemáticas o intramatemáticas, ejercicios); son las tareas que inducen la actividad matemática.
- Acciones del sujeto ante las tareas matemáticas (operaciones, algoritmos, técnicas de cálculo, procedimientos).

- Conceptos, dados mediante definiciones o descripciones (número, punto, recta, media, función)

- Propiedades o atributos de los objetos mencionados, que suelen darse como enunciados o proposiciones.

- Argumentaciones que se usan para validar y explicar las proposiciones (sean deductivas o de otro tipo).

Estos seis tipos de objetos que se ponen en juego en la actividad matemática, son los constituyentes primarios de otros objetos más complejos u organizaciones matemáticas, como los sistemas conceptuales, teorías, entre otros.

Las entidades lingüísticas tienen un papel representacional, se ponen en lugar de las restantes, y también instrumental, o sea deben contemplarse además como instrumentos de la actividad matemática. Aunque mucha actividad matemática es mental, poco podríamos avanzar en el trabajo matemático si no tuviéramos el recurso de la escritura, la palabra y los restantes registros materiales.

Las situaciones-problemas matemáticas son las promotoras y contextualizadoras de la actividad matemática, y junto con las acciones (algoritmos, operaciones, procedimientos) constituyen el componente práctico de las matemáticas, la acción dirigida a un fin. Parece apropiado describir a estos dos componentes (situaciones-problemas y acciones) como praxis, según propone Chevallard (1997).

Los otros tres componentes (conceptos-definiciones, proposiciones, argumentaciones) desempeñan un papel normativo en las matemáticas. Son el resultado de una actividad reflexiva y regulativa de la praxis; conjuntamente se pueden describir como los componentes teóricos o discursivos (logos).

Este agrupamiento de las entidades matemáticas en praxis y logos no quiere decir que entre dichos componentes no existan relaciones de interdependencia. El lenguaje está presente de manera intrínseca y constitutiva tanto en la praxis como en el logos; el logos encuentra su razón de ser en la praxis y ésta se desarrolla y rige por el logos.

Las entidades matemáticas, según el juego de lenguaje en que participan, pueden ser consideradas desde las siguientes facetas o dimensiones duales: ostensiva – no ostensiva, concreta – abstracta, elemental – sistémica, expresión – contenido, personal – institucional.

Finalmente, la noción de función semiótica pretende tener en cuenta la naturaleza esencialmente relacional de la actividad matemática y de los procesos de difusión del conocimiento matemático. Se dice que se establece una función semiótica entre dos entidades (ostensivas o no ostensivas) cuando entre ambas se establece una dependencia representacional o instrumental, esto es, una de ellas se “pone en lugar de la otra”, o una de ellas “es usada por la otra”. Esta noción permite formular en términos semióticos, y de una manera

general y flexible el conocimiento matemático y explicar en términos de conflictos semióticos las dificultades y errores de los estudiantes.

El objetivo general de esta investigación consiste en identificar, describir, explicar, interpretar y analizar los significados institucionales y personales de los objetos matemáticos puestos en juego en los procesos de enseñanza y aprendizaje de la matemática. Para lograr esta meta se utilizará la clasificación realizada por Godino (2003), en el marco del enfoque ontosemiótico de la cognición e instrucción matemática (EOS), de los significados institucionales en significados institucionales de referencia, pretendidos, implementados y evaluados; y de los significados personales en globales, declarados y logrados; además del uso de otras nociones de este enfoque, tales como: Configuraciones didácticas (epistémicas y cognitivas), Idoneidad didáctica, criterios de idoneidad didáctica (Epistémica, cognitiva, mediacional, interaccional, emocional y ecológica). Los objetivos específicos se enumeran a continuación: a) Determinar el significado institucional de referencia de los objetos matemáticos contenidos en el currículo de los diferentes niveles del Sistema Educativo Venezolano; b) Determinar, a través del análisis de libros de textos, el significado institucional pretendido que se quiere enseñar en cualquiera de las instituciones escolares existentes en el país; c) Analizar el significado institucional implementado de un objeto matemático en un grupo de estudiantes de los nive-

les educativos existentes; d) Analizar el significado personal declarado por los alumnos tras un proceso de estudio de temas matemáticos contenidos en los niveles educativos existentes; e) Evaluar el proceso de enseñanza y aprendizaje de la matemática mediante los criterios de Idoneidad didáctica; f) Caracterizar las configuraciones epistémicas y cognitivas de los objetos matemáticos puestos en juego de los procesos de enseñanza y aprendizaje de la matemática.

Materiales y Métodos

La naturaleza del problema considerado conduce a un paradigma metodológico de tipo mixto entre métodos cualitativos y cuantitativos (Goetz y Lecompte, 1988). En tal sentido, se combina el estudio documental y cualitativo en la faceta epistemológica de la investigación con diversas técnicas y enfoques en la parte instruccional y cognitiva.

Las cuestiones relativas a la faceta instruccional se enfocan mediante el estudio de casos de experiencias de enseñanza diseñadas con criterios derivados del análisis semiótico y de los estudios cognitivos previos. Aquí el método de observación desempeñará un papel relevante.

Con el objeto de caracterizar las praxeologías matemáticas construidas por el profesor en la enseñanza de los objetos matemáticos en los diferentes niveles educativos, se tendrá como técnica la observación no participante de las clases correspondientes, dado que se requiere registrar de

forma fiel el desarrollo de la clase del tema enseñado, con el propósito de analizar el texto correspondiente, utilizando la técnica del análisis “semiótico” descrita por Godino (2001) como aquella que permite caracterizar tanto los significados sistémicos (praxeológicos) de un objeto matemático como los significados elementales puestos en juego en un acto de comunicación matemática.

Entonces, se entenderá como análisis semiótico de un texto matemático, a su descomposición en unidades, la identificación de las entidades puestas en juego y las funciones semióticas que se establecen entre los mismos por parte de los distintos sujetos. El análisis semiótico será pues la indagación sistemática de los significados (contenidos de las funciones semióticas) puestos en juego a partir de la transcripción del proceso, y de cada una de las partes en que se puede descomponer dicho texto, para una interpretación potencial (análisis a priori). Cuando el texto corresponde al protocolo de respuestas de los sujetos en interacciones efectivas el análisis permitirá caracterizar los significados personales atribuidos de hecho por los emisores de las expresiones (análisis a posteriori). En ambos casos se pueden confrontar con los significados institucionales de referencia, lo que permite formular hipótesis sobre conflictos semióticos potenciales y contrastarlos con los efectivamente ocurridos.

Para aplicar esta técnica se requiere disponer de los textos con la planificación del proceso instruccio-

nal, transcripciones del desarrollo de las clases, entrevistas y respuestas escritas a las pruebas de evaluación aplicadas. En definitiva, el análisis se aplicará a un texto que registra la actividad matemática desarrollada por los sujetos participantes. El análisis se basará en descomponer el texto en unidades, que denominaremos semióticas. El criterio para definir las unidades de análisis será el cambio de elemento de significado, esto es, cuando se cambia de problema a estudiar dentro del campo de problemas considerado, se pasa del enunciado del problema al desarrollo de una técnica, el empleo de una notación, al uso o identificación de una propiedad, o a la descripción, sistematización y validación de las soluciones.

Finalmente, tanto para la faceta cognitiva como para los criterios de idoneidad, referida a los significados personales de los estudiantes, se tendrá un enfoque cuantitativo y experimental combinado con un enfoque cualitativo e interpretativo, siendo la encuesta la técnica a aplicar, por medio de la cual se obtendrá la información a través de preguntas realizadas a estudiantes, a través de instrumentos como: el cuestionario, la escala, la prueba de conocimientos y los test. En tanto, las preguntas serán de tipo abierto, ya que “permiten mayor libertad de expresión y estimulan la abundancia y la profundidad de la respuesta” (Hurtado de Barrera, 1998), de tal manera que el estudiante podrá definir conceptos, resolver problemas, argumentar procesos, analizar resultados, realizar gráficas

y determinar la falsedad o verdad de algunas preguntas.

Conclusiones preliminares

Esta investigación por encontrarse en fase de ejecución, no ha sido culminado, por lo tanto, aún no se han podido generar conclusiones finales; sin embargo si puede decirse que permitirá describir el “significado institucional local” de los contenidos matemáticos a estudiar.

Ayudará a formular hipótesis sobre puntos críticos de la interacción entre los diversos agentes en los cuales puede haber algunos vacíos de significación, o disparidad de interpretaciones que requieran procesos de negociación de significados y cambios en el proceso de estudio. También permitirá formular explicaciones plausibles de las dificultades de los estudiantes tras el proceso de estudio de los objetos matemáticos y ante todo verificará el impacto educativo al usar nuevas tecnologías y recursos didácticos diversos, que de alguna forma propiciarán el aprendizaje de los conceptos matemáticos. Ante esto, se espera generar dos laboratorios de matemática, para ser usadas en las sedes de la UPEL Maracay y la UNEFM de Falcón, con la finalidad de atender a la población estudiantil de ambas entidades a través de servicios gratuitos para nivelar el aprendizaje de contenidos matemáticos. Los usuarios de dichos equipos, serán tanto estudiantes de pregrado como profesores de ambas instituciones, así como estudiantes

de otras instituciones locales que realicen talleres de nivelación.

Agradecimiento

Mil gracias al Gobierno de la República Bolivariana de Venezuela y al ONCTI por permitir y patrocinar este proyecto a través del PEII, con el cual se benefician tanto investigadores como la comunidad en general.

De igual forma, se agradece a quienes laboran tanto en el Instituto Pedagógico de Maracay como en la Universidad Experimental Francisco de Miranda de Falcón, por su asesoría, colaboración y apoyo incondicional para la consecución de este proyecto.

También especial gratitud a quienes son partícipes de esta investigación, los profesores y estudiantes de los diversos institutos educativos de nuestro país, por compartir su tiempo, sus experiencias y permitir evaluar su trabajo.

Referencias Bibliográficas

- Balacheff, N. (1990). Towards a "problématique" for research on mathematics teaching. *Journal for Research in Mathematics Education*, 21 (4): 259-272
- Brousseau, G. (1980). Address of members of the G.R.D.M. (France) at the ICME IV.
- Bruner, J. (1991). Actos de significado. Más allá de la revolución cognitiva. Madrid: Alianza. Col. Psicología menor.
- Chevallard, Y, Bosch, M. y Gascón, J. (1997). Estudiar matemáticas: el eslabón perdido entre la enseñanza y el aprendizaje. Barcelona: Horsori e ICE de la Universidad de Barcelona.
- Cohen, L.; Manion, L. (1990). Métodos de investigación educativa. Madrid: La Muralla.
- Dummett, M. (1991). ¿Qué es una teoría del significado? En L.M. Valdés (Ed.) *La búsqueda del Significado*. Madrid: Tecnos [Original en inglés publicado en 1975]
- Godino, J. D. (2001). Un enfoque semiótico de la cognición matemática. Departamento de Didáctica de la Matemática. Universidad de Granada, [en línea], de <http://www.ugr.es/local/jgodino/>
- Godino, J. D.; Batanero, C. (1994). Significado institucional y personal de los objetos matemáticos. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 14 (3): 325-355.
- Godino, J.D. (1999). Implicaciones metodológicas de un enfoque semióticoantropológico para la investigación en didáctica de las matemáticas. En T. Ortega (Ed.), *Actas del III Simposio de la SEIEM*. 196-212.
- Goetz, J.; Lecompte, M. (1988). *Et-nografía y diseño cualitativo en investigación educativa*. Madrid: Morata. Shaum. Libros Mc Graw - Hill.
- González, F. (2003). Educación Matemática. Comunicación presentada en la I Jornada de investigación en Educación Matemática de la UPEL Maracay.
- Recherches en Didactique des Mathématiques. 2 (1):130-135
- Roa, R. (2000). Razonamiento combinatorio en estudiantes con preparación matemática avanzada. Tesis Doctoral. Departamento de Didáctica de la Matemática de la Universidad de Granada.
- Sierpinska, A. (1990). Some remarks on understanding in mathematics. For the learnig of

Análisis de sensibilidad ambiental, aplicado al caso de la contaminación por hidrocarburos en el acuífero del Tocuyo

Monsalve María

CIDIAT - Universidad de los Andes
monsalvent@gmail.com
Venezuela

Jegat Hervé

CIDIAT - Universidad de los Andes
monsalvent@gmail.com
Venezuela

Mora Luis

CIDIAT - Universidad de los Andes
monsalvent@gmail.com
Venezuela

Fecha de recepción: 13-02-2014 Fecha de aceptación: 22-04-2014

Resumen

El estudio se basó en delimitar el área de contaminación por gasolina, en un análisis de sensibilidad ambiental y en la evaluación de alternativas de control o mitigación. Se hizo mediante la aplicación de Metodologías de evaluación de impacto ambiental siendo éstas herramientas fundamentales en los estudios de contaminación, donde el grado de deterioro del acuífero está íntimamente ligado con la geometría del sitio, con la litología de la roca reservorio y con la vulnerabilidad del

acuífero a ser contaminado. Considerando la realidad del suelo, es decir, la heterogeneidad de éste, se define el impacto ambiental por contaminación de hidrocarburo, como el deterioro que el ser humano causa sobre el ambiente y en la mayoría de los casos con efectos irreversibles. El desarrollo de este proyecto se llevó a cabo utilizando datos existentes y la metodología de realización de sondeos eléctricos verticales con dispositivo Wenner y Schlumberger, siguiendo las recomendaciones definidas por especialistas. Se realizaron muestreos en los pozos P6 y P8, para

estudiar con sus respectivos análisis de laboratorio el comportamiento de las bacterias existentes. Finalmente, se integra toda la información en software de análisis y visualización de estos datos para así utilizarlos en un sistema de información geográfica (SIG), elaborando diferentes mapas bases para la representación del contaminante en el acuífero de El Tocuyo y representar las zonas de bajo, medio y alto riesgo.

Palabras clave: Acuífero; sensibilidad ambiental; gasolina; agua; Tocuyo

Environmental sensitivity analysis, applied to the case of pollution by hydrocarbons in the Tocuyo aquifer

Abstract

The study was based on delimiting the area of contamination by gasoline, in an environmental sensitivity analysis and in the evaluation of control or mitigation alternatives. It was done through the application of Environmental Impact Evaluation Methodologies being these fundamental tools in pollution studies, where the degree of deterioration of the aquifer is intimately linked with the geometry of the site, with the lithology of the reservoir rock and with

the vulnerability of the aquifer to be contaminated. Considering the reality of the soil, that is to say, the heterogeneity of this, the environmental impact due to hydrocarbon contamination is defined, as the deterioration that the human being causes on the environment and in most cases with irreversible effects. The development of this project was carried out using existing data and the methodology of realization of vertical electrical probes with Wenner and Schlumberger device, following the recommendations defined by specialists. Samples

were taken in wells P6 and P8, to study the behavior of existing bacteria with their respective laboratory analyzes. Finally, all the information is integrated into analysis software and visualization of these data to be used in a geographic information system (GIS), elaborating different base maps for the representation of the pollutant in the El Tocuyo aquifer and representing the zones of low, medium and high risk.

Keywords: Aquifer; environmental sensitivity; gasoline; water; Tocuyo

Introducción

Aproximadamente el 94% del agua dulce líquida del planeta es subterránea, razón por la cual este estudio es de importancia. El interés sobre las aguas subterráneas y la preocupación sobre su contaminación se ha incrementado de manera importante en los últimos años y se manifiesta en el incremento de las investigaciones (Henry y Heinke, 1999). La contaminación de las aguas subterráneas es un fenómeno lento que hace que tarde en manifestarse y hace que su limpieza sea muy lenta y costosa, siendo ésta además imposible para

algunos contaminantes [Eweis *et al.*, 1999]]. Esta investigación tiene como objetivo general evaluar el impacto de la contaminación por hidrocarburo del acuífero El Tocuyo. Dentro de los objetivos específicos se encuentran: a) Realizar un diagnóstico de los problemas de contaminación por gasolina; b) Realizar el análisis de sensibilidad ambiental; c) Evaluar alternativas de control.

Materiales y Métodos

La metodología se observa en el flujograma que se presenta en la Figura 1.

Resultados y Discusión

Delimitación del área de estudio

La delimitación del área de contaminación se realizó de acuerdo a las respuestas de las resistividades de los sondeos eléctricos verticales (Plaza, 2009), según método propuesto por Wenner y Schlumberger según Oliveira *et al.*, (2005), y posteriormente con las perforaciones realizadas (Astier, 1982). La delimitación final del área de contaminación se muestra en la Figura 2.

Figura 1. Metodología propuesta en el desarrollo de la investigación

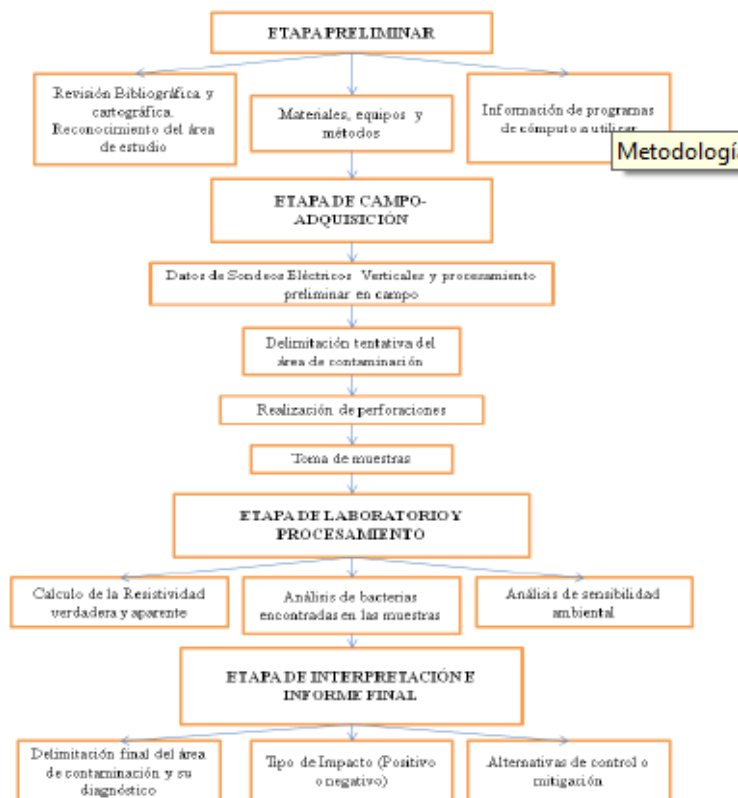
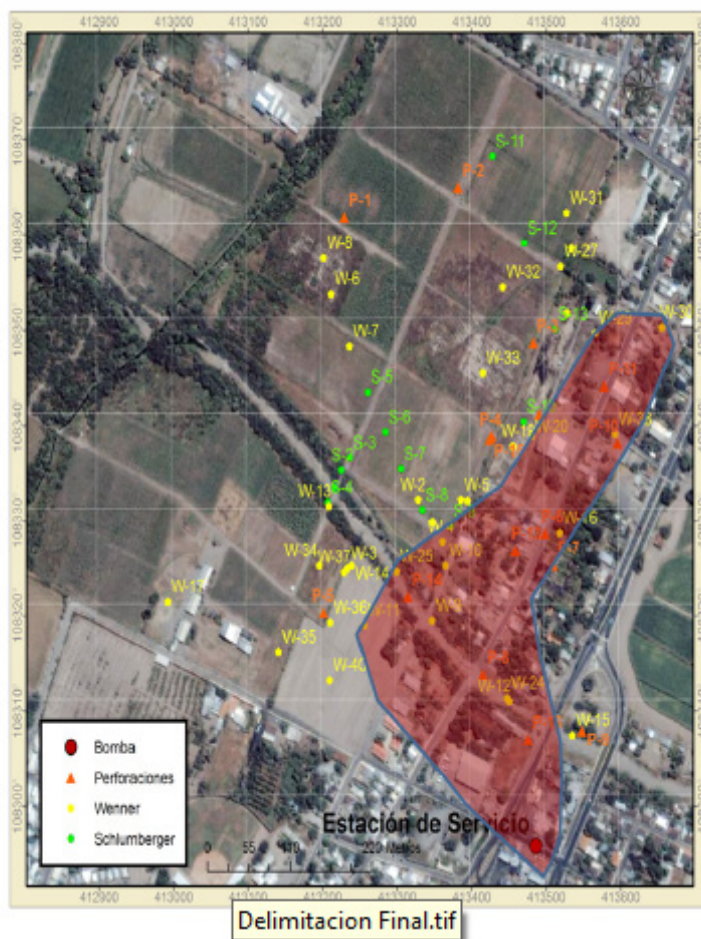


Figura 2. Delimitación final del área de contaminación



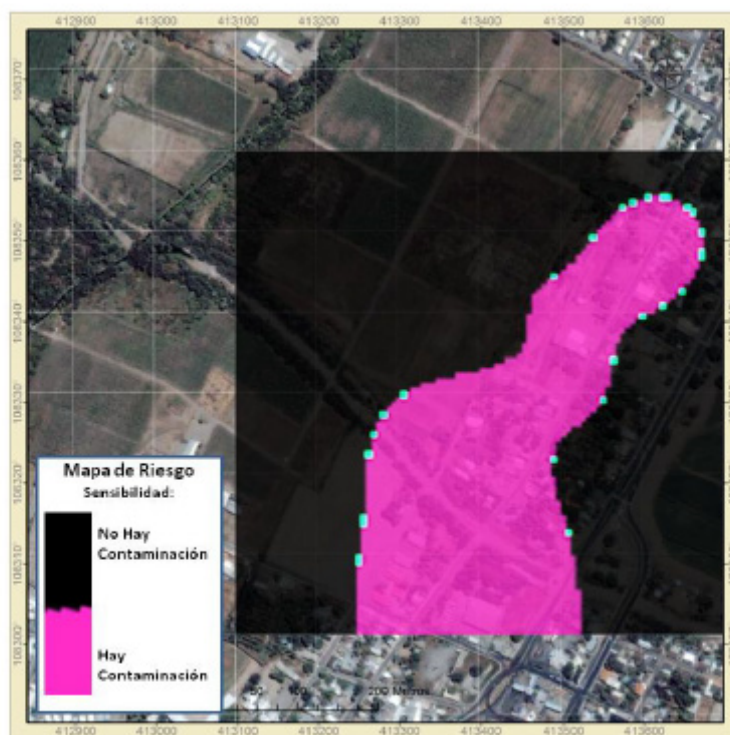
Análisis de Sensibilidad Ambiental

El mapa de riesgo representa el

análisis de sensibilidad ambiental del área de estudio, en el cual mediante una paleta de dos colores se determina la sensibilidad de la zona, y

muestra donde hay contaminación de color rosado y donde no hay contaminación de color negro (Figura 3).

Figura 3. Mapa de Riesgo. El color negro representa una sensibilidad baja, y el color rosado una sensibilidad alta.



Alternativas de Control

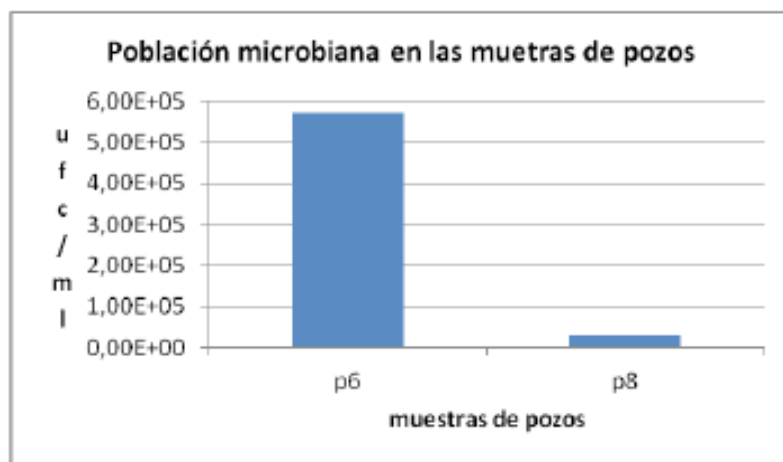
Las poblaciones microbianas presentes en el agua de estos pozos debieron ser desplazadas, después de la contaminación por las poblaciones registradas como primarias que degradan la gasolina y otras como las poblaciones secundarias que se alimentan de los metabolitos produ-

cidos por las poblaciones primarias. (Henry y Heinke, 1999).

Al comparar las bandas de las cepas patrones pertenecientes al género de *Pseudomonas* se observa una gran similitud con la de una de las poblaciones dominantes presentes en P6 y P8 (Figura 4). Este resultado complementado con los obtenidos en

los estudios de las colonias, donde se aprecia la producción de pigmentos fluorescentes, hace presumir la presencia del género *Pseudomonas* en los cultivos de enriquecimiento, es probable sea responsable de la biodegradación de la gasolina (Henry y Heinke, 1999).

Figura 4. Población microbiana en las muestras de pozos



Conclusiones

Con base a la reclasificación del caudal de los pozos PC-1, PC-2 y PC-3 y de las zonas contaminadas se obtuvo un mapa riesgo el cual representa el análisis de sensibilidad ambiental. La sensibilidad se representa en el mapa con los siguientes colores, a saber: color rosado, sensibilidad alta y color negro, sensibilidad baja.

Las bacterias pseudomonas encontradas en las muestras P6 y P8 son aquellas que sobreviven en presencia de hidrocarburos como la gasolina, lo cual indica que la misma naturaleza se está encargando de revertir los daños a partir de la biorrecuperación del acuífero, lo cual proporciona una alternativa de mitigación.

Agradecimiento

A mi Luis Eduardo Mora Mora.

Al Fondo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (FONACIT) adscrito al Ministerio del Poder Popular para Ciencia, Tecnología e Innovación.

Referencias Bibliográficas

Astier, J. (1982). *Geofísica aplicada a la hidrogeología*. Madrid: Paraninfo. 57 –101.

Eweis, J.; Ergas, S.; Chang, D.; Schroeder, E. (1999). *Principios de Biorrecuperación (Biorremediación)*. WCB/McGraw-Hill. ISBN:0-07- 057732-3. Madrid, España.

Henry, J.; Heinke, G. (1999). *Ingeniería Ambiental*. Prentice Hall, México. ISBN: 970-17-0266-2. Segunda Edición. Edición en español. Naulcalpan de Juarez, México.

Oliveira, A.; Tozzi, M. (2005). *Aplicação da resistividade e carga-bilidade em estudos de contaminação de sedimentos por derivados de hidrocarbonetos*. Revista Brasileira de Geofísica (2005) 23(2): 181-190.

Plaza, E. (2009). Caracterización geoelectrica del suelo de la zona norte de la terraza de Mérida, a partir de sondeos eléctricos verticales someros. Tesis de grado, Facultad de Ingeniería, Universidad de Los Andes, Mérida - Venezuela

Efecto del pre-tratamiento del lactosuero previo a la aplicación de la ultrafiltración tangencial con fines agroindustriales

Mujica Dicson
Fundación CIEPE
dmujica@ciepe.gob.ve
Venezuela

Sangronis Elba
Departamento de Procesos Biológicos y Bioquímicos
Universidad Simón Bolívar
dmujica@ciepe.gob.ve
Venezuela

Fecha de recepción: 16-02-2014 Fecha de aceptación: 23-03-2014

Resumen

El lactosuero para ser utilizado como ingrediente requiere algún pre-tratamiento con la finalidad de mejorar su calidad microbiana, eliminar la grasa y evitar la colmatación de la membrana al aplicar ultrafiltración tangencial. El objeto de esta investigación fue evaluar la efectividad de la secuencia de centrifugación, precipitación cálcica y microfiltración como pretratamiento. Se utilizó una muestra de lactosuero proveniente de la elaboración de queso blanco pasteurizado en una industria láctea del estado Yaracuy. Éste fue filtrado

con tela de lino para retener partículas suspendidas y luego se aplicó un pretratamiento, utilizando el procedimiento siguiente: centrifugación a 15.000 rpm; precipitación cálcica (adición de 1,2 g/L CaCl₂); ajuste del pH a 7,3; calentamiento a 55°C por 8 min; enfriamiento a 4°C y centrifugación a 4.500 rpm por 15 min y, finalmente, microfiltración con membrana de 0,1 m², porosidad 0,22 µm a 1,0 a 1,5 bar y 25 °C. Con fines comparativos se evaluó la calidad microbiológica del lactosuero crudo y pretratado mediante la presencia de bacterias aerobias, coliformes totales y fecales, mohos y levaduras, *E. coli*,

S. aureus y Salmonella; además del pH, contenido de grasa, proteína y turbidez. El pretratamiento permitió obtener un lactosuero clarificado, microbiológicamente inocuo, sin partículas en suspensión aparente, con reducción del contenido de grasa, proteína y turbidez en 72,8%; 29,7% y 97,8%, respectivamente; el cual puede ser utilizado como materia prima para la obtención de concentrados proteicos como ingrediente para la industria de alimentos.

Palabras clave: Concentrado proteico; precipitación termocálcica; microfiltración

Effect of pretreatment of lactosuero prior to the application of the ultrafiltracion so gencial for purposes agroindustriales

Abstract

The whey to be used as an ingredient requires some pretreatment in order to improve its microbial quality, eliminate the fat and avoid the clogging of the membrane when applying tangential ultrafiltration. The purpose of this investigation was to evaluate the effectiveness of the centrifugation sequence, calcium precipitation and microfiltration as pretreatment. A sample of whey from the processing of pasteurized white cheese was used in a dairy industry in the state of Yaracuy. This was filtered with linen cloth to retain suspen-

ded particles and then a pretreatment was applied, using the following procedure: centrifugation at 15,000 rpm; calcium precipitation (addition of 1.2 g / L CaCl_2); pH adjustment to 7.3; heating at 55 ° C for 8 min; cooling at 4 ° C and centrifugation at 4,500 rpm for 15 min and, finally, microfiltration with membrane of 0.1 m2, porosity 0.22 pm at 1.0 at 1.5 bar and 25 ° C. For comparative purposes, the microbiological quality of the crude and pretreated whey was evaluated through the presence of aerobic bacteria, total and fecal coliforms, molds and yeasts, *E. coli*, *S. aureus* and *Salmonella*; in addition

to pH, fat content, protein and turbidity. The pretreatment allowed obtaining a clarified, microbiologically innocuous whey, without particles in apparent suspension, with reduction of fat content, protein and turbidity in 72.8%; 29.7% and 97.8%, respectively; which can be used as raw material for obtaining protein concentrates as an ingredient for the food industry.

Keywords: Protein concentrate; thermocalcic precipitation; microfiltration

Introducción

El lactosuero está compuesto por agua y sustancias solubles como: lactosa 4,5- 5% p/v, proteínas 0,6-0,8% p/v, lípidos 0,4-0,5% p/v y sales minerales 8-10% de extracto seco (Muñi *et al.*, 2005). En Venezuela para el año 2008 se utilizaron 768,67 millones de litros de leche para la producción de queso, generándose aproximadamente 700 millones de litros de lactosuero, de esta cantidad, el 25% se destina para la producción de ricota, requesón y consumo animal, y el resto se desecha. El aprovechamiento del lactosuero en el país, representaría unos 5,6 millones kg de proteína/año, los cuales pueden ser utilizados en formulación de alimentos de alto valor nutricional [Faría *et al.*, (2003); Cavilac, (2008)].

Comercialmente, las proteínas del lactosuero pueden ser aprovechadas si se aplican en procesos de ultrafiltración, siendo esta tecnología la más adecuada para su concentración por ofrecer altos rendimientos (Almécija, 2007).

Sin embargo, en los procesos de filtración tangencial puede presentarse disminución en el flujo del permeado debido a la acumulación de partículas en la superficie de la membrana por colmatación, atribuidos a factores como condiciones de operación, pretratamiento del producto, morfología de la membrana, entre otros [Ortiz Jerez *et al.*, (2008)].

La colmatación de las membranas en la ultrafiltración del lactosue-

ro, está influenciada por la presencia de calcio y grasa residual, afectando además la funcionalidad de los productos generados y elevando la frecuencia de la limpieza y los costos de operación. El proceso de ultrafiltración tangencial requiere de la alimentación de una muestra cuyas características físicas, químicas y microbiológicas sean adecuadas, para lo cual se aplican pretratamientos.

Ajustes de pH, modificación del contenido de mineral, precipitación termocálcica para remover lípidos residuales y microfiltración para eliminar bacterias, son algunos de los pretratamientos aplicados al lactosuero [Martínez- Hermosilla *et al.*, (2000)].

El objetivo esta investigación fue evaluar la efectividad de la secuencia de la centrifugación, precipitación cálcica y microfiltración como pretratamiento del lactosuero, con la finalidad de remover el contenido de grasa, mejorar su calidad microbiana y evitar la colmatación de la membrana al aplicar ultrafiltración tangencial en procesos de concentración de proteínas.

Materiales y Métodos

Obtención de la muestra

Se utilizó una muestra de lactosuero generado en el proceso de elaboración de queso blanco pasteurizado, proveniente de una empresa láctea del estado Yaracuy. Se recolectó un total de 90 L de lactosuero, el

cual fue trasladado al laboratorio de la División Control de Aguas, Evaluación y Tratamiento de Residuos Agroindustriales (CAETRA) de la Fundación CIEPE. El lactosuero fue filtrado con tela de lino para retener partículas suspendidas y almacenado en refrigeración hasta su posterior tratamiento.

Pretratamiento del lactosuero

Para mejorar la calidad microbiana y eliminar grasa se aplicó una secuencia de tres etapas, las cuales se indican a continuación:

Centrifugación

Lactosuero crudo refrigerado a 4°C fue centrifugado en una Super Centrifuga marca Sharples que opera a flujo continuo, con una velocidad de 15.000 rpm.

Precipitación termocálcica del lactosuero

Para clarificar el lactosuero se utilizó el procedimiento propuesto por Almécija *et al.*, (2009), el cual consiste en: el enfriamiento del lactosuero a 4 °C, ajuste del contenido de calcio con la adición de 1,2 g/L de CaCl₂; ajuste a pH 7,3 con adición de NaOH 5 N, calentamiento rápido del lactosuero a 55 °C por 8 minutos para formar los agregados lipídicos y las partículas de fosfato de calcio coloidal; enfriamiento a 4 °C y centrifugación a 4500 rpm por 15 minutos.

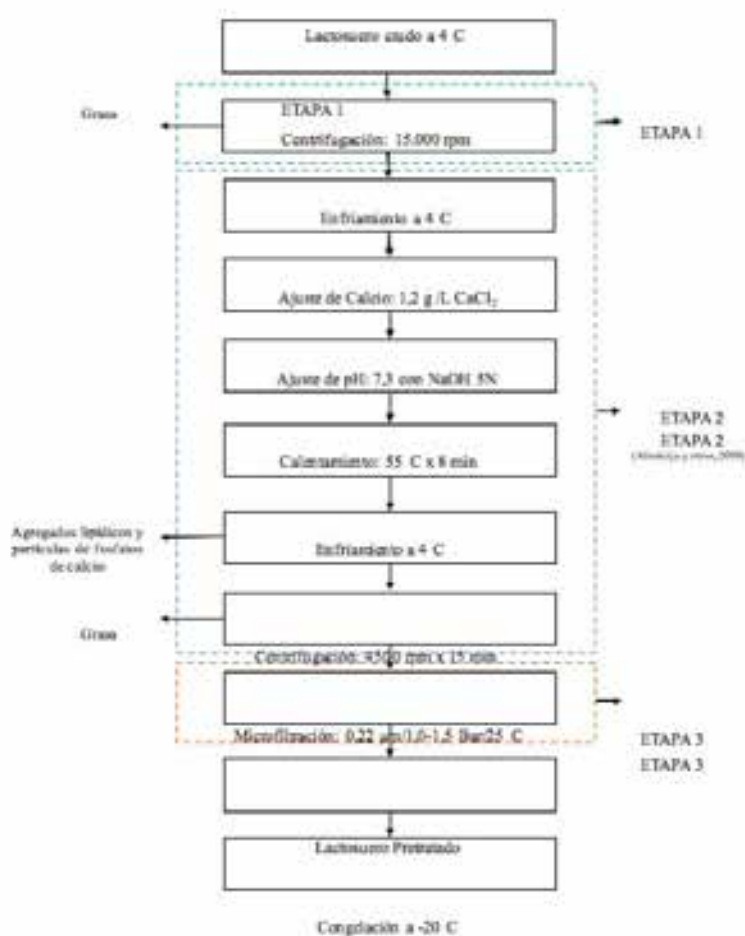
Microfiltración

El lactosuero obtenido como sobrenadante en la etapa anterior, fue microfiltrado para disminuir la carga microbiana, eliminar la grasa residual y clarificarlo, utilizando un sistema de Filtración de Flujo Tangencial (FFT) modelo Cogent TM marca Millipore, con una membrana tipo Durapore® de fluoruro de polivinilideno (PVDF), con tamaño de poro 0,22 μm , a presión de 1,0 a 1,5 bar y temperatura de 25 °C. Para evitar la colmatación irreversible de la

membrana y recuperar su operatividad, luego de cada ciclo de filtración de 1,5 L, se utilizó un procedimiento de limpieza descrito por Mourouzis-Mourouzis y Karabelas (2006) modificado, colocando la membrana de microfiltración por inmersión en un baño de ultrasonido, a una temperatura de 45°C, en presencia de una solución de H_3PO_4 ; 0,1 N por 30 min; luego, la membrana fue instalada en el sistema de FFT, recirculando agua bidestilada hasta lograr pH neutro. La solución de limpieza por inmersión fue la recomendada

por Millipore BioProcess Division (1998) en su manual de mantenimiento. Antes de cada ciclo de filtración, se midió el flujo de permeado con agua bidestilada y fue comparado con el flujo normalizado de agua de la membrana virgen, con la finalidad de determinar la efectividad de la limpieza. El lactosuero pretratado fue recolectado en envases de plástico y almacenados en congelación a -20°C. En la Figura 1 se presenta la secuencia por etapas del pretratamiento aplicado.

Figura 1. Secuencia por etapas del pretratamiento del lactosuero: centrifugación, precipitación cálcica y microfiltración respectivamente



Análisis

Con fines comparativos se evaluaron parámetros de control del lactosuero crudo y pretratado mediante el contenido de grasa (AOAC 905.02), proteína (AOAC 991.20), pH (AOAC 981.12) y turbidez (SM 2130-B) (APHA, AWWA, WEF, 2005), para ésta última se utilizó un turbidímetro marca AF Scientific modelo Micro 100, rango 0-1000 UNT. Los resultados se expresan en promedio de dos determinaciones. Además el lactosuero crudo y el sometido a las diferentes etapas se

le evaluó la calidad microbiológica según las normas Covenin: presencia de bacterias aerobias (Covenin 902:1987); coliformes totales, fecales y *Escherichia coli* (Covenin 1104:1996); recuento de mohos y levaduras (Covenin 1337:1990), *Staphylococcus aureus* (Covenin 1292:2004) y *Salmonella* (Covenin 1291:2004).

La reducción de la variable de control en términos porcentuales fue determinado por la diferencia de la variable medida del lactosuero crudo (Lc) y pretratado (Lp), entre el valor

de la variable del lactosuero crudo, según la expresión (1):

$$\% \text{ Reducción} = (\text{Lc} - \text{Lp}) \times 100 / \text{Lc} \quad (1).$$

Resultados y Discusión

Una vez realizado las etapas de pretratamiento a nivel de laboratorio, en la Tabla 1 se presentan las variaciones de los parámetros de control del lactosuero crudo y pretratado, después de las etapas de pretratamiento.

Tabla 1. Parámetros de control del lactosuero después de aplicada las etapas de pretratamiento y su reducción (%)

Parámetro de control	Lactosuero crudo	Etapas de pretratamiento			% Reducción
		Centrifugación	Precipitación cálcica	Microfiltración	
Grasa, g/100 mL	0,600	0,253	0,218	0,163	72,8
Proteína, g/100 mL	0,94	0,94	0,82	0,66	29,7
Turbidez, UNT	812	725	171	21,8	97,8
pH	5,20	5,20	5,53	5,80	

En los resultados se observa una disminución del contenido de grasa, proteína y turbidez. El contenido de grasa del lactosuero crudo fue removido en 72,8%, siendo el mayor contenido de grasa removida en la centrifugación con un 58%. Muñi *et al.*, (2005) redujeron en un 91,67% el contenido de grasa del lactosuero crudo luego de una centrifugación;

por su parte, Souza *et al.*, (2008), demostraron que la centrifugación fue una etapa necesaria toda vez que removió entre el 60% y 80% de la grasa del suero crudo.

A su vez, el contenido de proteína fue reducido en las etapas de precipitación cálcica y microfiltración en un 12,7% y 17%, respectivamente; con

lo cual la secuencia de ambas etapas reportan una reducción de 29,7%. En un pretratamiento similar, con precipitación cálcica, Kim *et al.*, (1989) reportaron una reducción del 11% de las proteínas del lactosuero, además de una efectiva remoción de glóbulos de grasa y lipoproteínas del lactosuero. Outinen *et al.*, (2010) estudiaron varios métodos de pretratamiento y

su efecto en la composición del lactosuero, señalando una reducción del 15% en las proteínas del lactosuero, utilizando la microfiltración como tratamiento. Jing y Kai-Xiong (2012) estudiaron el pretratamiento del lactosuero con precipitación cálcica antes de la concentración de proteína por ultrafiltración, determinando que en el pretratamiento hubo pérdida de proteínas del 13,6% y la tasa de reducción de grasa fue de 86%.

Por otra parte, Almecija (2007) aplicó un pretratamiento con precipitación cálcica con la finalidad de eliminar sales sobre el proceso de ultrafiltración, obteniendo un lactosuero clarificado posterior al pretratamiento, en nuestro caso, los re-

sultados demostraron un lactosuero con turbidez apreciable posterior a la precipitación cálcica que, luego fue clarificado por efecto de la microfiltración, esto fue evidenciado con una reducción de la turbidez del 97,8%, representando la etapa de precipitación cálcica y microfiltración del 68% y 18% del total, en ese mismo orden.

La etapa de microfiltración permitió clarificar el lactosuero pretratado, removiendo las fracciones de grasa residual y del precipitado insoluble formado. En la Figura 2 se observa el registro fotográfico del lactosuero crudo y pretratado, donde se puede ver la reducción de la turbidez en la secuencia de las etapas, la

formación de agregados lipídicos y fosfato cálcico que han precipitado en la etapa 2, y finalmente un lactosuero clarificado sin presencia de partículas de suspensión aparente. Los resultados microbiológicos del lactosuero crudo y pretratado se presentan en la Tabla 2; evidenciando la efectividad de la etapa de microfiltración en la eliminación de bacterias presentes en el lactosuero crudo. Ye *et al.*, (2011) investigaron como pretratamiento la microfiltración en procesos de concentración de proteína, encontrando que la aplicación de la microfiltración mejoró el flujo del lactosuero en la ultrafiltración y además, no se observó presencia de grasa y bacterias en el permeado de la microfiltración.

Figura 2. Registro fotográfico de la muestra obtenida por cada etapa del pre-tratamiento

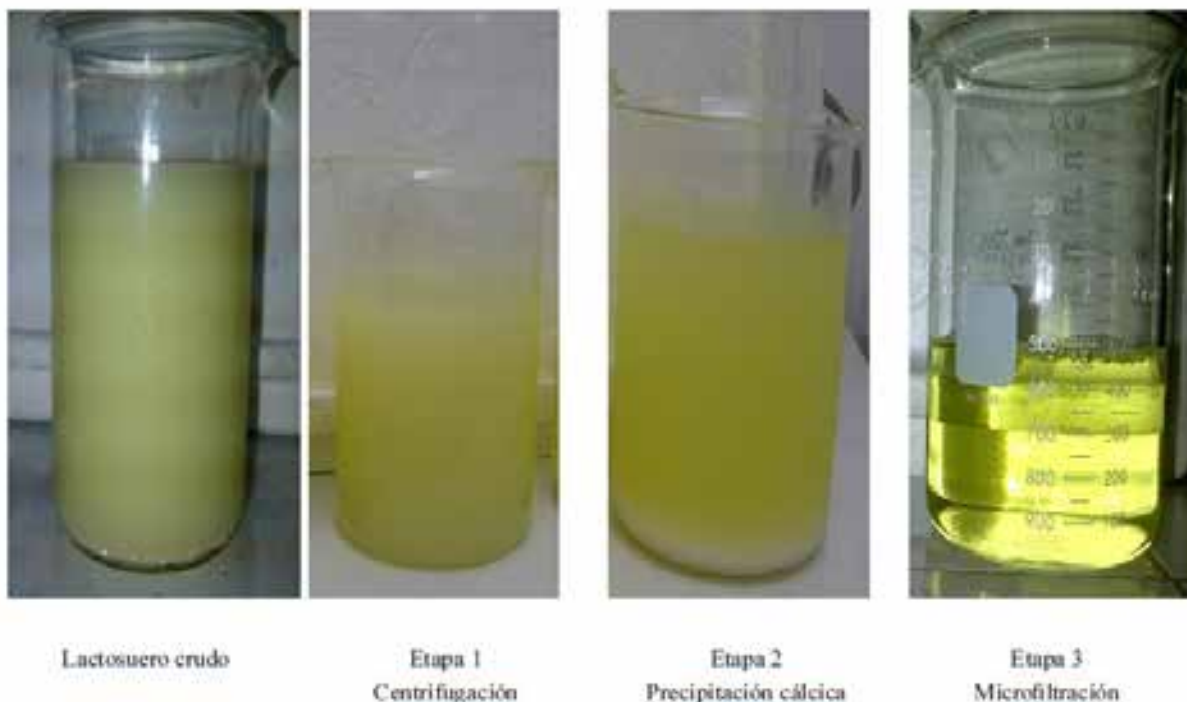


Tabla 2. Calidad microbiológica del lactosuero crudo y pretratado

Análisis	Lactosuero crudo	Lactosuero pretratado
Aerobios mesófilos, UFC/ml	$2,7 \times 10^5$	<10
Mohos, UFC/ml	<10	<10
Levaduras, UFC/ml	$1,1 \times 10^3$	<10
Coliformes totales, NMP/ml	$4,3 \times 10^3$	<3
Coliformes fecales, NMP/ml	$4,3 \times 10^3$	<3
<i>Escherichia coli</i> , NMP/ml	$4,3 \times 10^3$	<3
<i>Staphylococcus aureus</i> , UFC/ml	<10	<10
Salmonella, 25 mL	Ausente	Ausente

UFC: Unidades Formadoras de Colonias.

NMP: Número Más Probable.

<: Menor de (No hubo crecimiento de microorganismos)

Conclusiones

La aplicación de la secuencia de la centrifugación, la precipitación cálcica y la microfiltración permitió obtener un lactosuero clarificado y microbiológicamente inocuo, sin partículas de suspensión aparente, con un contenido de grasa de 0,163 g/100mL y con características apreciables para ser utilizado como materia prima en la concentración de proteínas por ultrafiltración tangencial.

Agradecimiento

Los autores de este trabajo agradecen al Centro de Investigaciones del Estado para la Producción Expe-

rimental Agroindustrial CIEPE, por el apoyo recibido para realizar esta investigación.

Referencias Bibliográficas

- Almécija, MC. (2007). Obtención de lactoferrina bovina mediante ultrafiltración de lactosuero. España: Universidad de Granada. 315 pp.
- Almécija, MC.; Guadix, A.; Martínez-Ferez, A.; González-Tello, P.; Guadix, EM. (2009). A flux enhancing pretreatment for the ultrafiltration of acid whey. Desalination. 245: 737-742.
- AOAC. Association of Official Analytical Chemists. (2006). Official Methods of Analysis. 18th ed. Maryland: AOAC International.
- APHA, AWWA, WEF. (2005). Standard methods for the examination of water and wastewater 21st ed. Washington: APHA.
- Cavilac. Cámara Venezolana de Industrias Lácteas. (2008). La industria lechera en Venezuela. Su evolución. Caracas, Venezuela. 58 pp.
- Covenin 1292. Comisión Venezolana de Normas Industriales.

- (1989). Alimentos. Aislamiento y recuento de *Staphylococcus aureus*. Venezuela: Ministerio de Fomento. Fondonorma. 16 pp.
- Covenin 1337. Comisión Venezolana de Normas Industriales. (1990). Alimentos. Método para recuento de mohos y levaduras. Venezuela: Ministerio de Fomento. Fondonorma.
- Covenin 902. Comisión Venezolana de Normas Industriales. (1987). Alimentos. Método para recuento de colonias de bacterias aerobias en placas de petri. Venezuela: Ministerio de Fomento. Fondonorma. . 8 pp.
- Covenin1104. Comisión Venezolana de Normas Industriales. (1996). Determinación del número más probable de coliformes, coliformes fecales y de *Escherichia coli*. Venezuela: Ministerio de Fomento. Fondonorma. 15 pp.
- Covenin1281. Comisión Venezolana de Normas Industriales. (2004). Determinación de *Salmonella* *Shigella*. Venezuela: Ministerio de Fomento. Fondonorma. 36 pp.
- Faría, JF.; García, AC.; García, AC. (2003). Eficiencia en la concentración de la proteína de lactosuero con una planta móvil de ultrafiltración y nanofiltración. *Revista Científica FCV-LUZ*. 8(5): 347-351.
- Jing, L.; Kai-Xiong, L. (2012). Pre-treatment of whey protein before ultrafiltration condensation. *Food Science*. 33(12): 58-62.
- Kim, S-H.; Morr, CV.; Seo, A.; Surak, JG. (1989). Effect of whey pretreatment on composition and functional properties of whey protein concentrate. *Journal of Food Science*. 54(1): 25-29.
- Martínez-Hermosilla, A.; Hulbert, GJ.; Liao, WC. (2000). Effect of cottage cheese whey pretreatment and 2-phase crossflow microfiltration/ultrafiltration on permeate flux and composition. *Journal Engineering and Physical Properties*. 65(2): 334-339.
- Millipore BioProcess Division. (1998). Maintenance Procedures, PelliconTM and PelliconTM 2 Cassette Filters. USA: Millipore Corporation. . 20 pp.
- Mourouzidis-Mourouzis, SA.; Karabelas, AJ. (2006). Whey protein fouling of microfiltration ceramic membranes-Pressure effects. *Journal of Membrane Science*. 282: 124-132.
- Muñi, A.; Páez, G.; Faría, J.; Ferrer, J.; Ramones, E. (2005). Eficiencia de un sistema de ultrafiltración/ nanofiltración tangencial en serie para el fraccionamiento y concentración del lactosuero. *Revista Científica FCV-LUZ*. 15(4): 361-367.
- Ortiz Jerez, MJ.; Vélez Pasos, CA.; Franco Mejía, E. (2008). Modelos matemáticos de la colmatación de membranas en microfiltración tangencial. *Ingeniería e Investigación*. Universidad Nacional de Colombia. 28(001): 123-132.
- Outinen, M.; Heino, A.; Uusi-Rauva, J. (2010). Pre-treatment methods of Edam cheese milk. Effect on the whey composition. *Food Science and Technology*. 43(4): 647-654.
- Souza, RR.; Gimenes, ML.; Costa, SC.; Müller, CMO. (2008). Eliminación de grasas del suero de queso para obtener proteínas y lactosa. *Información Tecnológica*. 19(2): 41-50.
- Ye, H.; Lei, J.; Zhang, Y.; Li, H.; Li, G.; Cão, Z.; Xie, L. (2011). Investigation of microfiltration for pretreatment of whey concentration. *Desalination and Water Treatment*. 34: 173-178.

Calidad de agua del río La Grita y sus afluentes

Rivas Zulay

Instituto para el Control y la Conservación
del Lago de Maracaibo (ICLAM)
zrivas51@gmail.com
Venezuela

Castejón Olga

Instituto para el Control y la Conservación
del Lago de Maracaibo (ICLAM)
zrivas51@gmail.com
Venezuela

Sánchez José

Instituto para el Control y la Conservación
del Lago de Maracaibo (ICLAM)
zrivas51@gmail.com
Venezuela

Ochoa Enrique

Instituto para el Control y la Conservación
del Lago de Maracaibo (ICLAM)
zrivas51@gmail.com
Venezuela

Troncone Federico

Instituto para el Control y la Conservación
del Lago de Maracaibo (ICLAM)
zrivas51@gmail.com
Venezuela

Fecha de recepción: 23-02-2014 Fecha de aceptación: 13-04-2014

Resumen

El Río La Grita, afluente del río Zulia, pertenece al Sistema Hidrográfico del Río Catatumbo. Esta cuenca, es fuente abastecedora de agua para los pobladores y presenta un alto desarrollo agropecuario, donde se aplican productos químicos y fertilizantes, los cuales son transportados, por escorrentía, a los cuerpos de agua produciendo contaminación en los mismos. En esta investigación se evaluaron los parámetros: caudal, turbidez, fósforo total, nitrógeno total, sólidos disueltos totales, aceites y grasas, hidrocarburos, DBO5, DQO y coliformes totales y fecales, en 25

estaciones ubicadas en el Río La Grita, durante tres muestreos (octubre 2011, abril 2012 y octubre 2012), en época de lluvia. Los valores promedio fueron: caudal: 11,61 m³/seg, turbidez: 0,38 NTU, fósforo total: 0,48mg/L, nitrógeno total: 2,37mg/L, aceites y grasas: 15,35mg/l; hidrocarburos: 4,79mg/L; DBO5: 2,54 mg/L; DQO: 25,71mg/L; SDT: 200,82 mg/L; coliformes totales y fecales: 83.517 y 65.908 NMP/100 mL, respectivamente. Para los parámetros: caudal, coliformes totales y fecales se encontraron diferencias significativas entre muestreos, cuencas y sectores. Estadísticamente el parámetro turbidez presentó diferen-

cias significativas entre muestreos y entre cuencas. Los parámetros fósforo total, aceites y grasas, DBO5 y DQO, presentaron diferencias significativas entre muestreos; en cambio los parámetros nitrógeno total y sólidos disueltos totales presentaron diferencias entre sectores. Se observó que los cambios climatológicos en la cuenca afectaron las concentraciones de los parámetros evaluados. Los resultados indican que el Río La Grita presenta contaminación inorgánica y bacteriológica.

Palabras clave: Calidad de agua; análisis físico-químicos; cuenca Río La Grita

Water quality of rio La Grita and its afluentes

Abstract

The Rm La Grita, affluent of the rio Zulia, belongs to the Hydrographic System of the Rm Catatumbo. This basin is a source of water for the inhabitants and has a high agricultural development, where chemical products and fertilizers are applied, which are transported, by runoff, to the bodies of water producing pollution in them. In this investigation the parameters were evaluated: flow, turbidity, total phosphorus, total nitrogen, total dissolved solids, oils and fats, hydrocarbons, BOD5, COD and total and fecal coliforms, in 25 stations located in the Rio La Grita, du-

ring three samplings (October 2011, April 2012 and October 2012), in the rainy season. The average values were: flow: 11.61 m³ / sec, turbidity: 0.38 NTU, total phosphorus: 0.48mg / L, total nitrogen: 2.37mg / L, oils and fats: 15.35mg / l; hydrocarbons: 4.79mg / L; BOD5: 2.54 mg / L; COD: 25.71mg / L; SDT: 200.82 mg / L; total and fecal coliforms: 83,517 and 65,908 NMP / 100 mL, respectively. For the parameters: flow, total and fecal coliforms, significant differences were found between samplings, basins and sectors. Statistically, the turbidity parameter showed significant differences between samplings and between basins. The pa-

rameters total phosphorus, oils and fats, BOD5 and COD, showed significant differences between samples; On the other hand, the parameters total nitrogen and total dissolved solids showed differences between sectors. It was observed that the climatological changes in the basin affected the concentrations of the parameters evaluated. The results indicate that the Rio La Grita presents inorganic and bacteriological contamination.

Key words: Water quality; physical-chemical analysis; Rio La Grita basin

Introducción

La calidad natural del agua depende de diversos factores ambientales como la constitución geológica de cauces y terrenos donde se encuentran los cuerpos de agua, el clima que determina la abundancia o escasez de lluvias y las actividades humanas como la minería, agricultura, industria y domésticas y el uso de cuerpos de aguas para la recreación, entre otros.

El sistema hidrográfico del Río Catatumbo, está ubicado en la zona Noroccidental de Venezuela, en el estado Zulia, constituye una cuenca transfronteriza, compartida por las Repúblicas de Colombia y Venezuela, en porcentajes del 70 y 30 %, respectivamente; está conformada por tres subcuencas: río Zulia, río Tarra- Socuavó y cuenca baja. La microcuenca del río La Grita, pertenece a la subcuenca del río Zulia, es un área de acción prioritaria para el estado Táchira ya que es fuente abastecedora de agua para las comunidades allí asentadas, calculada en 220.190 habitantes y constituye un centro de desarrollo agrícola de las

micro cuencas de los ríos El Valle, Venegará, Aguadías, El Páramo y Las Palmas, posee una extensión de 82.625,50 hectáreas.

En la microcuenca del Río La Grita, existe un alto desarrollo agropecuario, donde se aplican productos químicos y gallinaza, ocasionando el arrastre de estos contaminantes, por lixiviación y escorrentía, a diferentes cuerpos de agua, produciendo contaminación de los mismos. Hasta el momento no existe información sobre la calidad y el aporte de estos contaminantes.

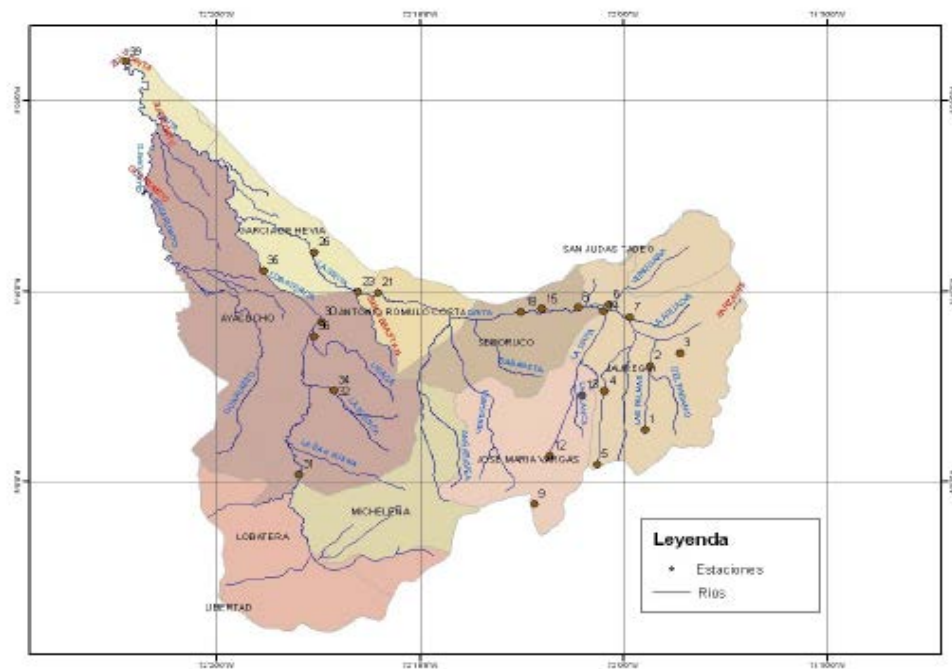
El objetivo de esta investigación fue evaluar las características físico-químicas y bacteriológicas, en muestras de agua del Río La Grita y sus afluentes, lo cual permita inferir la afectación sobre la salud de las comunidades asentadas en su cuenca.

Materiales y Métodos

El área de estudio está ubicada en la microcuenca del Río La Grita desde su nacimiento, en los páramos del Parque Nacional Juan Pablo Peñalosa, en el municipio Jáuregui, hasta

su confluencia con el río Zulia, en el sector conocido como Boca de Grita, zona limítrofe con la República de Colombia, entre las poblaciones de Puerto Santander y Boca de Grita. Se ubicaron 25 estaciones de muestreo en el Río La Grita y sus afluentes, se describen en la Figura 1. En el orden geológico, la cuenca presenta la combinación de tres (3) grandes elementos fisiográficos: cordilleras, pie de monte y planicie aluvial, en cuanto al recurso suelo, según Trnarg, casi la totalidad de la zona alta y media de la cuenca, presentan suelos con capacidad de uso por encima de la clase V. La cuenca baja presenta tres tipos de suelos: a) suelos con aptitudes agrícolas y pecuarias; b) suelos con aptitudes agropecuarias especiales; y c) suelos sin aptitud agrícola y/o pecuaria (Ministerio de la Defensa, 1994). Las actividades antrópicas que se realizan son la ganadería de altura, la producción agrícola intensiva (hortalizas y legumbres), la avícola-porcina, industrial, minera, pecuaria y agrícola tipo conuco con algunos cultivos conservacionistas como el café, el cacao y producción de la caña panelera.

Figura 1. Ubicación de los puntos de muestreo en la cuenca del río La Grita



Estaciones Ubicadas en la Cuenca del Río La Grita

Cuenca Baja	Cuenca Alta	Cuenca Media
3 sectores	6 Sectores	1 sector
9 estaciones	11 estaciones	3 estaciones

Para la realización de los análisis inmediatos, se instaló un laboratorio móvil en la sede del ICLAM-La Fría, sitio equidistante entre las estaciones de muestreo. Se realizaron 3 muestreos, en época de lluvia: octubre 2010, abril 2011 y octubre 2011. En cada estación se capturaron tres (3) muestras de agua, compuestas e integradas en la columna de agua, durante tres días consecutivos, para un total de 225 muestras, conjuntamente con el aforo del cauce del río.

La estimación del caudal se realizó utilizando el método sección velocidad, determinándose el área de

sección transversal del río, mediante la medición de profundidades a diferentes distancias de la sección y la velocidad del agua que pasa por la misma, utilizando un correntómetro digital Marca Flo-mater 2000.

Los análisis fisicoquímicos y bacteriológicos se realizaron en el Laboratorio Ambiental del ICLAM (acreditado bajo la norma COVENIN 2534-ISO 17025), siguiendo las especificaciones del método estándar (APHA, 2005).

Los datos obtenidos se procesaron estadísticamente, utilizando el

programa Stargrafic Centurion IV Manugistics, (1998) y los resultados fueron ordenados en tablas y gráficas, usando el programa Microsoft Excel.

Para la discusión de resultados, se dividió la microcuenca por muestreos, en tramos correspondientes a cuenca alta (estaciones: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 12, 13 y 14), cuenca media (estaciones: 15, 18 y 21) y cuenca baja (estaciones 23, 26, 30, 31, 32, 34, 35, 36, y 39), y en 9 sectores, a saber:

Sector 1: estación 6 (Río Venegara).
Sector 2: estación 7 (Río Aguadías).
Sector 3: estación 3 (Río Caricuena).
Sector 4: estaciones 1 y 2, (Río Las Palmas y Páramo).
Sector 5: estaciones 4 y 5 (Quebrada San José).
Sector 6: estaciones 9, 12, 13, y 14 (Río El Valle).
Sector 7: estación 23 (Río San Sebastián).
Sector 8: estaciones 30, 31, 32, 34 y 36 (Río Lobaterita, Quebradas La Blanca y la Uraca).
Sector 9: estaciones 8, 15, 18, 21, 26, 35 y 39 (Cauce del Río La Grita), to-

mando en cuenta las características propias del área a evaluar.

Resultados y Discusión

En la Tabla 1, se presenta la estadística descriptiva de los parámetros fisicoquímicos correspondiente a los promedios globales obtenidos durante los tres muestreos, realizados.

El promedio global de gasto en los tres muestreos fue $11,61 \pm 26,46$ m³/seg; se evidenciaron diferencias significativas entre muestreo, cuencas y sectores $P < 0,05$ (Figura 2). Se

observa un mayor aporte en el segundo muestreo, esto es debido a las fuertes precipitaciones ocurridas en marzo-abril 2011 en comparación a las campañas de muestreo de 2010 y octubre 2011. Igualmente, se observa que la cuenca media aporta el mayor caudal, así como, en el sector 9, el cual está conformado por las estaciones ubicadas en el cauce principal del Río La Grita, que recibe los caudales de agua de los Ríos Caricuena, Lobaterita, El Valle, Venegará, Aguadías, El Páramo y Las Palmas, que drenan al Río La Grita.

Tabla 1. Resultados promedio de los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos evaluados

Parámetros Fisicoquímicos							
Parámetros	Promedio	Desviación Estándar	Mínimo	Máximo	Coefficiente Variación (%)	Límite inferior	Límite superior
Gasto (m ³ /seg)	11,61	26,46	0,02	234,28	227,93%	3,83	11,61
Sólidos Totales (mg/L)	374,48	441,21	20,00	3637,00	117,82%	313,27	435,69
Sólidos Suspendedos Totales (mg/L)	174,44	89,10	4,00	763,00	51,08%	162,08	186,80
Sólidos Disueltos Totales (mg/L)	200,82	403,70	1,00	2874,00	201,03%	144,81	256,83
Turbidez (NTU)*	0,38	0,59	0,10	4,40	155,36%	0,30	0,46
DBO ₅ (mg/L)	2,54	1,01	2,00	6,52	30,60%	2,40	2,68
DQO (mg/L)	25,71	17,56	0,38	91,01	68,33%	23,27	28,14
PT (mg/L)	0,48	0,38	0,02	2,25	78,56%	0,43	0,53
N-Total (mg/L)	2,37	1,27	0,19	7,48	53,59%	2,19	2,55
Aceites y Grasas (mg/L)	15,35	29,35	1,00	197,80	191,15%	11,28	19,42
Hidrocarburos (mg/L)	4,79	6,62	1,00	44,30	138,18%	3,87	5,71
Coliformes Totales (NMP/100mL)	83517	71028	1,80	160000	85,05%	73663,00	93371,70
Coliformes Fecales (NMP/100mL)	65908	91658	1,11	920000	139,07%	53191,80	78624,70

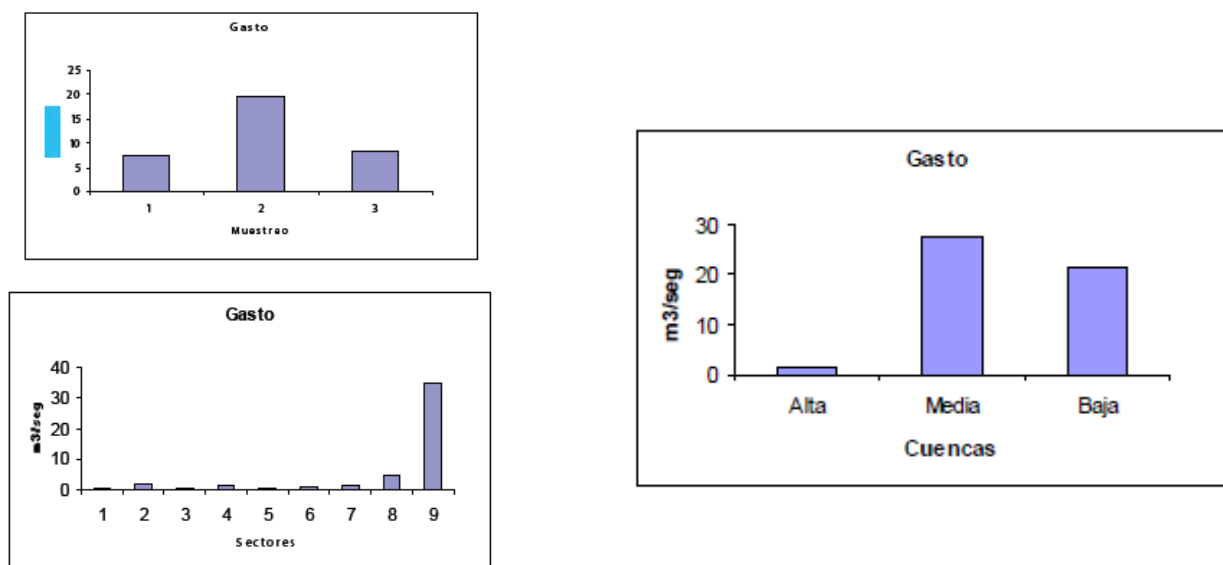
El valor promedio de sólidos totales (ST) se estimó con 95% de confianza entre 313,27 y 435,69 mg/L (Figura 3). Se encontraron diferencias estadísticas significativas entre muestreo, entre cuencas y entre sectores ($F=7,94$; $p<0,05$).

Los sólidos suspendidos totales (SST) es la forma predominante en

casi todas las estaciones de muestreo y es debido al movimiento y arrastre de los sedimentos en los ríos. Al igual que los ST se encontraron diferencias significativas entre muestreos, cuencas y sectores ($F=9,16$; $p<0,05$). La deforestación de la cuenca incrementa el transporte de SST. En todas las estaciones de muestreo se observa que los valores de SST son bajos

(<1000 mg/L) y son producto de la erosión de la tierra. Valores mayores a 1000 mg/L pueden afectar el uso y limitar la vida en el cuerpo de agua (Fraser 1995).

Figura 2. Variación espacial y temporal del gasto, en el área de estudio



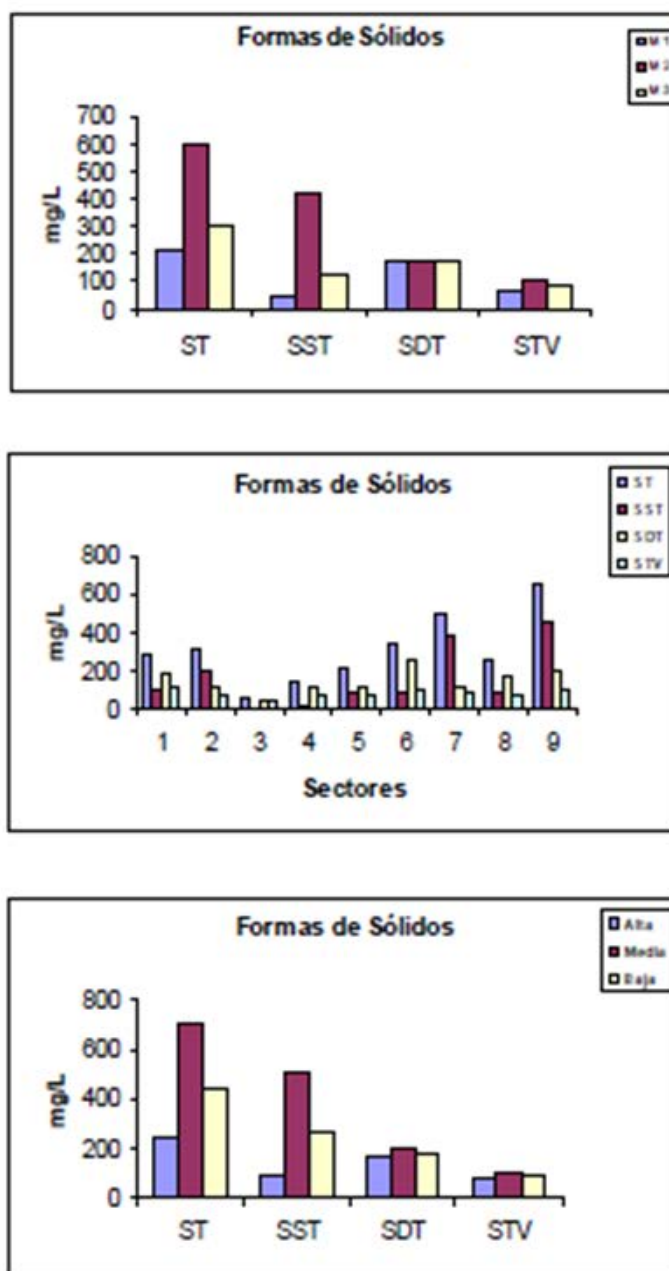
La presencia de Sólidos Suspendidos Totales en el agua está ligada a la Turbiedad, en aguas naturales los Sólidos pueden ser de naturaleza inorgánica (arcillas, óxidos de hierro y manganeso), como orgánica (material húmico y taninos), el origen de estas partículas es diverso y se asocia a la erosión y re suspensión de material de los sedimentos, como también al vertido de aguas residuales. (Ecopetrol, 2011)

El promedio de SDT, fue de 200,82 mg/L. Se encontraron diferencias significativas entre sectores ($F=8,24$; $p<0,05$). El promedio de sólidos disueltos totales para los ríos de todo el mundo ha sido estimado en alrededor de 120 ppm (Livingston, 1963). Los SDT, son un indicador de las características del agua y de la presencia de contaminantes químicos, es decir, de la composición química y concentración en sa-

les y otras del agua. Estos resultados son producto de la escorrentía de los suelos, los cuales trae arrastra fertilizantes y plaguicidas presentes en el área, aumentando los SDT.

La turbidez en la cuenca del río La Grita se estimó (95%) entre 0,30 y 0,46 NTU. En el segundo muestreo y en la cuenca media se determinó mayor turbidez, así como, los sectores 7 y 9. (Figura 4).

Figura 3. Variación espacial y temporal de las Formas de Sólidos, en el área de estudio.

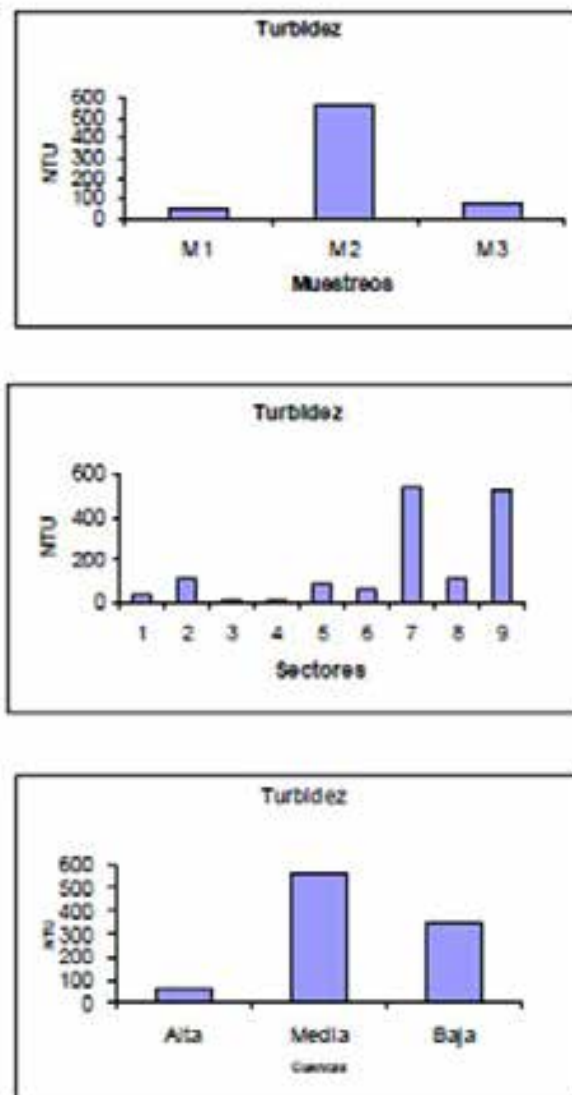


La variación de los resultados es originada por las lluvias ocurridas, especialmente durante el segundo muestreo, aumentando la velocidad

de la corriente lo que ocasiona un mayor arrastre de materia orgánica y en el tamaño de las partículas. Se presentaron diferencias significativas

entre muestreos y cuencas ($F=18,66$; $p < 0,05$); sin embargo, no entre sectores.

Figura 4. Variación espacial y temporal de Turbidez, en el área de estudio.



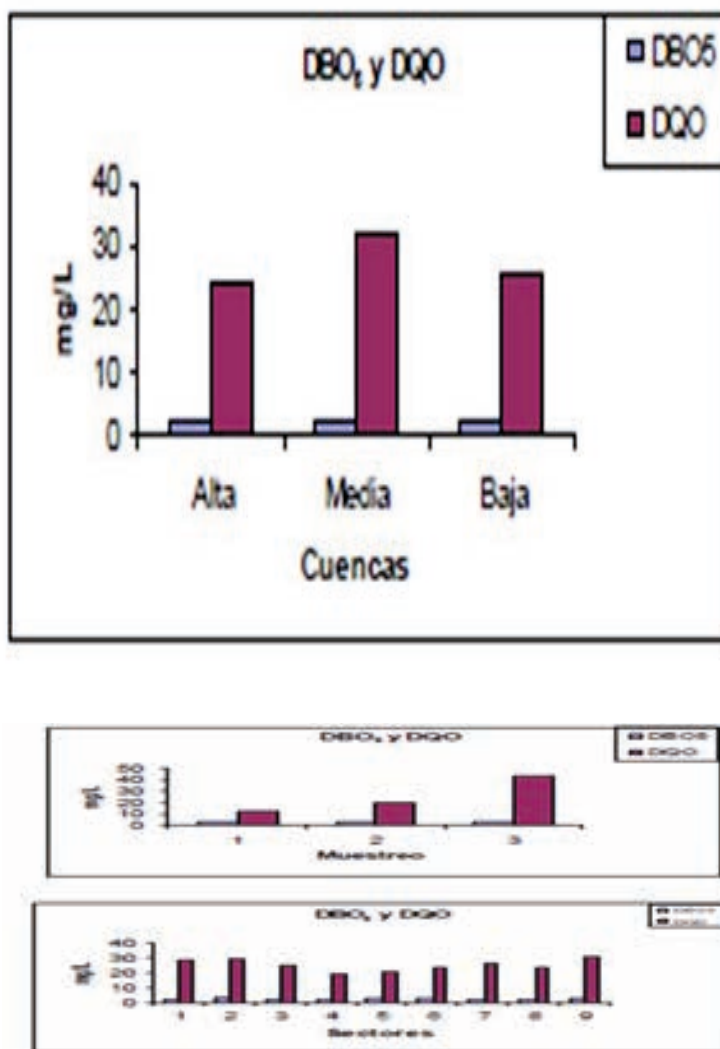
Los niveles normales de la DBO5 para aguas naturales varían entre 1 - 2 mg/L, un valor de 2 mg/L indica un grado límite de la contaminación orgánica. El promedio global de la DBO5 es de $2,54 \pm 1,01$ mg/L, indicando contaminación por materia orgánica (Wetzel, 1981).

La DQO es uno de los parámetros más efectivos en el control de la ca-

lidad del agua; constituye la cantidad de oxidante químico que se necesita para poder oxidar los materiales contenidos en el agua y se expresa en mg de O_2 /l. Cuantifica la cantidad de materia orgánica total susceptible de oxidación química (biodegradable y no biodegradable) que hay en una muestra líquida y se utiliza para establecer un nivel de contaminación [(Banach *et al.*, (2009))].

EL promedio global de la DQO fue de $25,71 \pm 17,56$ mg/L. En la Figura 5, se observa que la DQO fue más alta en el tercer muestreo, cuenca media y sector 9; tanto para la DBO5 como para DQO, se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre las campañas de muestreo ($F=8,75$; $p<0,05$).

Figura 5. Variación espacial y temporal de la DBO₅ y DQO, en el área de estudio.



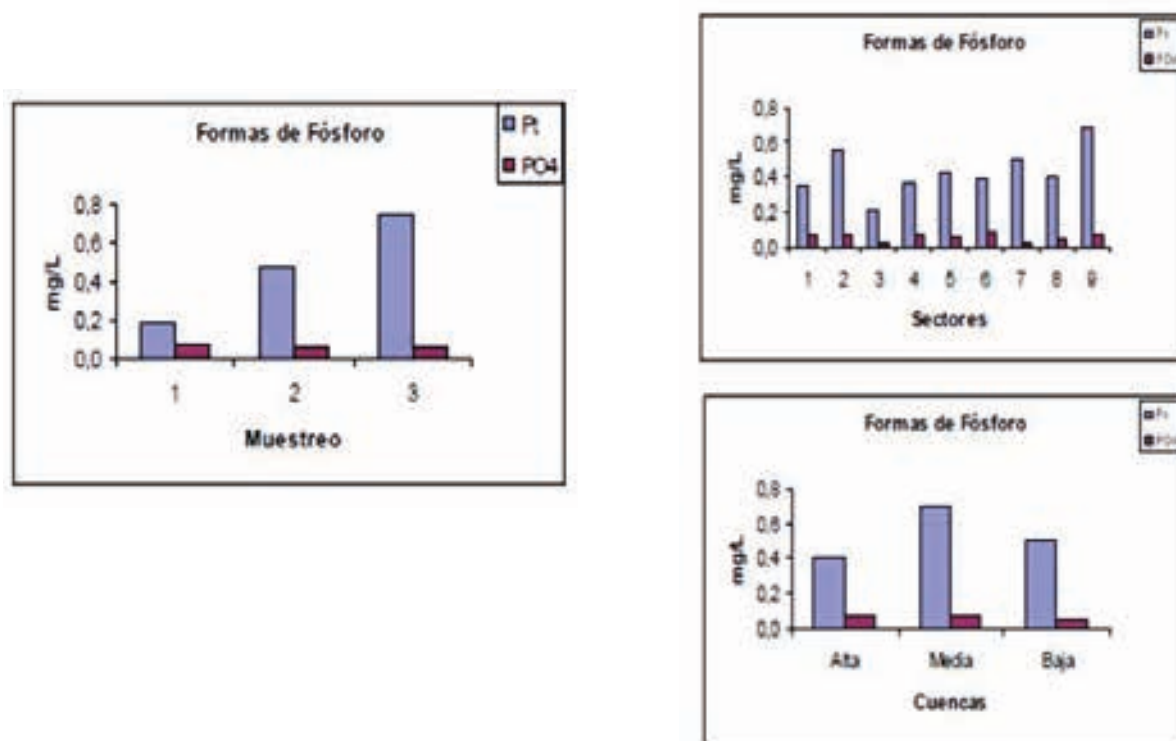
que se encuentran en el agua no son biodegradables, lo cual se evidencia por lo bajo de esta relación. Hidalgo et al., (2003) indican que el sistema lótico evaluado presenta un estado de alteración caracterizado por un contenido importante de materia orgánica difícil de biodegradar (Romero Rojas, 1999). Las fuentes

de materia orgánica son diversas y entre ellas se encuentran las actividades agrícolas, industriales y las aguas residuales generadas en las zonas urbanas y rurales.

El promedio global del Nitrógeno Total (NT) fue de $2,37 \pm 1,27$ mg/L y el Fósforo Total (PT) fue

de $0,48 \pm 0,38$ mg/L, encontrándose diferencias significativas para el PT entre muestreos ($F=31,25$; $p<0,05$) y entre sectores para el NT ($F=10,02$; $p<0,05$), (Figuras 6 y 7).

Figura 6. Variación espacial y temporal de las formas de Fósforo, en el área de estudio.



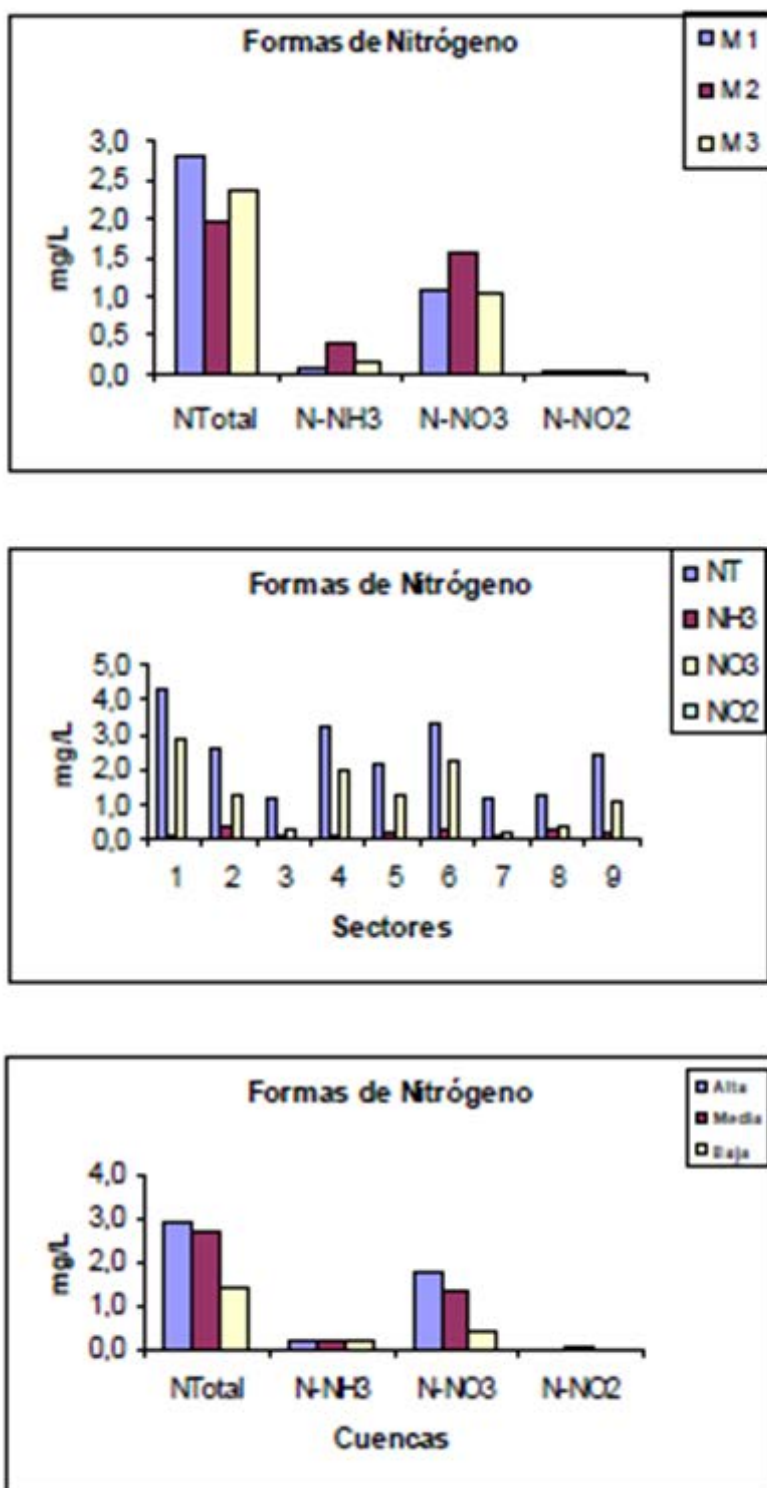
Estos valores indican una importante contribución del Río La Grita a la eutrofización del Lago de Maracaibo. Se observa una contribución mayor de NT en el primer muestreo, en la cuenca alta y en el sector 1, en cuanto al PT, la mayor contribución se observa en el tercer muestreo, cuenca media y sector 9.

El aumento de las concentraciones es debido al uso excesivo de gallinaza, fertilizantes y plaguicidas en la zona que aumenta la concentración de los nutrimentos.

Se observa que hay una contribución importante de nitrato (N-NO_3) durante todos los muestreos, proba-

blemente por escorrentía o lixiviación de los suelos que son altamente fertilizados en esta cuenca (Figuras 6 y 7). El nitrógeno al igual que el fósforo, son los principales macronutrimentos de los fertilizantes y de las descargas de aguas domésticas, los cuales contribuyen con el proceso de eutrofización de los cuerpos de agua.

Figura 7. Variación espacial y temporal de las formas de Nitrógeno, en el área de estudio

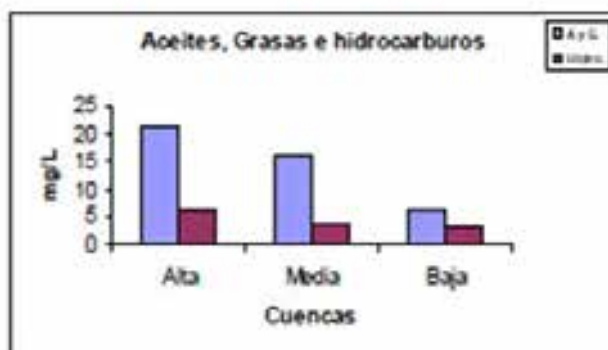
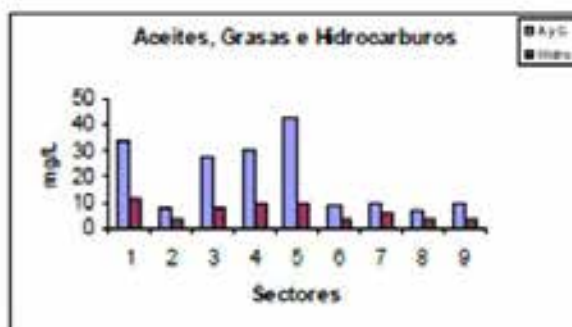


El nitrógeno en las aguas dulces, procede de la atmósfera, por cuanto es arrastrado por la lluvia, de la precipitación de la materia total y de la fijación de N₂ [Fraser *et al.*, (1995); (Wetzel, 1981)].

Las grasas y aceites son compuestos orgánicos constituidos principalmente por ácidos grasos de origen animal y vegetal, así como los

hidrocarburos del petróleo. El promedio global de aceites y grasas (A y G) e hidrocarburos totales petrogénicos (HTP) fue de $15,35 \pm 29,35$ y $4,79 \pm 6,62$ mg/L, respectivamente (Figura 8). Para ambos parámetros se encontraron diferencias significativas entre muestreos, ($F = 16,12$; $p < 0,05$; sin embargo, no entre cuencas y sectores. Se observa que los valores son superiores a 0,3 mg/L, valor

límite permisible por las Normas Venezolanas (Decreto 883, 1995), por lo que se presume que hay una fuente de contaminación permanente en la zona, las cuales pueden ser de origen doméstico y talleres automotrices, aunado a esto está la situación, que en la cuenca del río Lobaterita hay presencia de un mene y minas de carbón.



El 88 % de las muestras captadas en el área de estudio presentaron contaminación fecal y el 83,3 % de coliformes totales >10.000 NMP/100 mL. Estos valores pueden ser originados por las aguas de escorrentía, domésticas e industriales, las cuales contienen gran cantidad de bacterias. De acuerdo a la Norma 5.021, estas aguas no pueden ser utilizadas para uso agropecuario, contacto humano total o parcial y para consumo humano (Decreto 883, 1995). Durante el segundo muestreo se encontraron las mayores concentraciones de estas variables bacteriológicas, debido al periodo de lluvias atípico ocurrido en la zona. De ser consistente esta situación para el resto de las campañas de muestreo programadas, los periodos de lluvia serían los escenarios más desfavorables para el consumo de dichas aguas por la población asentada en la microcuenca del Río La Grita.

Conclusiones

Se concluye que la cuenca del Río La Grita presenta contaminación inorgánica y bacteriológica, estas aguas no pueden ser utilizadas para uso agropecuario, contacto humano total o parcial y para consumo humano. Igualmente, se concluye que la información obtenida en esta investigación es útil para establecer la condición ambiental básica de la cuenca del Río La Grita y permitirá disponer de una base de datos fisicoquímicos y bacteriológicos confiables para el desarrollo de una gestión ambiental adecuada.

Referencias Bibliográficas

- APHA. (2005). American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environmental Federation. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 21th Edition. Washington, USA.
- Banach Esteve, G.; Cordón Casero, S.; Torrents Gimeno, A. (2009). Estudio de la calidad ambiental de la Bahía de Cárdenas para un futuro Manejo Integrado de Zonas Costeras. Universitat de Girona. Universidad Camilo Cienfuegos de Matanzas. Gestverdes Serveis Ambientals.
- Decreto 883. (1995). Normas para la Clasificación y el Control de la Calidad de los Cuerpos de Agua y vertidos o Efluentes Líquidos. En Gaceta Oficial N° 5.021. Poder Legislativo de Venezuela.
- Ecopetrol. (2011). Estudio de Impacto Ambiental. Área de perforación exploratoria CPO9.
- Fraser, A.; Meybeck, M.; Ongley, E. (1995). Water Quality of world river basins. Global Environmental monitoring system (gems) Unep Environment Library. N° 14. 40 pp.
- Hidalgo, M.; Meoni, G.; Barrionuevo, M. (2003). Variabilidad de la relación DBO/ DQO en los ríos de Tucuman Argentina. 13 Congreso Argentino de Saneamiento y Medio Ambiente.
- Livingston, D. A. (1963) Chemical composition of rivers and lakes: U.S. Geological Survey Professional Paper.
- Manugistics and Statistical Graphics Corporation. (1998). Statgraphics plus for windows 4.1 (user manual). Statistical Graphics Corporation, Manugistics, Inc., Rockville, USA.
- Ministerio de la Defensa. (1994). Estudio Geográfico de la cuenca del río Catatumbo (Área Venezolana). 222 pp.
- Romero Rojas, J. A. (1999). Calidad de Agua 2da edición. Alfaomega, México
- Wetzel, R. (1981). Limnología. Ediciones Omega. S.A., Casanova, Barcelona, España.

Formación transcompleja del docente de matemática: consonancias con la tríada matemática-cotidianidad-y pedagogía integral

Rodríguez Milagros

Departamento de Matemáticas. Núcleo Sucre
Universidad de Oriente (UDO)
melenamate@hotmail.com
Venezuela

Fecha de recepción: 03-02-2014 Fecha de aceptación: 16-03-2014

Resumen

En contraposición a la formación tradicional reduccionista del docente de matemática y desde las categorías de análisis: transcomplejidad y la tríada: matemática-cotidianidad-y pedagogía integral, se realiza una propuesta de la formación del docente de matemática en la presente época. Se visionan imaginarios en cuanto a: los fundamentos epistemológicos-filosóficos de la matemática, la naturaleza del conocimiento matemático educativo, los principios de la teoría educativa matemática, los componentes de la Educación Matemática transcompleja, las acciones

de la Educación Matemática compleja y transdisciplinar, la naturaleza de los actores educativos transcomplejos de la matemática y los retos de la Educación Matemática en el siglo XXI. Todas estas propuestas adaptadas desde la Teoría Educativa Transcompleja, tiene una base en una estructura en metaespiral y los aportes de la tríada en cuestión. Se concluyen propuestas para la formación del docente de matemáticas en categorías de análisis como la historia y filosofía de la matemática, cotidianidad, semiótica; entre otras que propenden mostrar la matemática en un entretejido que trasciende el reduccionismo a la que se ha mostrado la ciencia.

Haciendo trascender el sentido de la Educación Matemática generando en el aula emociones positivas del poder construir matemática de manera armónica sin traumas, pero al mismo tiempo tomando en cuenta la complejidad y así estar comprometidos con la humanidad. Se debe formar así al docente, no sólo para el saber eficaz sino en la inteligencia integral: analítica, sistémica, sensible, corporal y profundamente humana.

Palabras clave: Formación transcompleja; matemática-cotidianidad; pedagogía integral; docente

Transcompleja formation of the teacher of mathematics: consonances with the triad mathematica-cotidianidad y pedagogia integral

Abstract

In contrast to the traditional reductionist formation of the teacher of mathematics and from the categories of analysis: transcomplexity and the triad: mathematics - everydayness - and integral pedagogy, a proposal of the teacher's training in mathematics is made in the present time. Imaginary are envisioned in terms of: the epistemological-philosophical foundations of mathematics, the nature of mathematical educational knowledge, the principles of mathematical educational theory, the components of the Transcomplexed Mathematical Education, the actions of the

complex and transdisciplinary Mathematical Education, the nature of the transcomplex educational actors of mathematics and the challenges of Mathematical Education in the 21st century. All these proposals adapted from the Transcompleja Educational Theory, has a base in a metaespiral structure and the contributions of the triad in question. They conclude proposals for the formation of the teacher of mathematics in categories of analysis as the history and philosophy of mathematics, everyday, semiotic; among others that tend to show mathematics in an interweaving that transcends the reductionism to which science has shown it-

self. By transcending the meaning of Mathematical Education, generating in the classroom positive emotions of being able to construct mathematics in a harmonic way without traumas, but at the same time taking into account the complexity and thus be committed to humanity. The teacher should be trained, not only for effective knowledge but also in integral intelligence: analytical, systemic, sensitive, corporal and profoundly human.

Keywords: Transcompleja formation; mathematics-everydayness; integral pedagogy; teaching

Introducción

La transcomplejidad denota una conjunción complejizada de la transdisciplinariedad y la complejidad. La complejidad como una aproximación a una nueva forma de mirada de la vida, un paradigma que no se permite el reduccionismo, Morín (1998) propugna la complejidad como una postura que se promueve día a día en todas las ciencias y se permite la cotidianidad como categoría que es tomada como válida en la creación del conocimiento.

La complejidad trasciende lo evidente lo reducido e incurre en todo lo acabado y definitivo de las ciencias y la educación “se vincula ciegamente a un sistema de conocimientos para comprender al mundo sin ser capaz de ir más allá de los límites que a sí mismo se impone. (Morín, 2004).

Mientras que la transdisciplinariedad por su parte concierne a lo que simultáneamente es entre las disciplinas a través de las diferentes disciplinas y más allá de toda disciplina. Su intención es la perspicacia del mundo actual, uno de cuyos absolutos es la unidad del conocimiento. La finalidad de la transdisciplinariedad “es la comprensión del mundo presente” (Nicolescu, 2002, p 2) tal cual como la matemática necesita ser entendida en toda su completitud, de la misma manera como necesita ser mostrada y el docente debe estar preparado para ello.

Pero, ¿es que la matemática es

una ciencia que tiende a la transdisciplinariedad? Desde luego que dicha ciencia es profundamente transdisciplinar como lo señala Steiner (1985), pues cubre no sólo las interacciones y reciprocidades entre proyectos de investigación especializados, sino que además sitúa estas relaciones dentro de un sistema ecológico total, sin límites entre disciplinas. Pero en las aulas se practica y profesan situaciones totalmente aisladas del contexto del estudiante, se parcelan los conocimientos matemáticos y se reducen estos a meras recetas, desfasados de la vida, de los afectos y de los intereses más elevados de los educandos como seres humanos integrales; gran responsabilidad de esta realidad recae en la formación del docente.

Por su lado, y sin estar separada de la transcomplejidad la tríada matemática-cotidianidad y pedagogía integral, incurre en esta problemática de la enseñanza de la matemática y se define como un constructo que llama al rescate de la matemática en el aula a través del “uso de los tres canales de aprendizaje, al diálogo como herramienta que lleva a establecer la relación sujeto-sujeto, entre el docente y el estudiante, donde éste último se apropia de su aprendizaje”. [Rodríguez, (2010b)]. Se debe utilizar, en consecuencia la Educación Matemática para fomentar el conocimiento de la persona y su capacitación para la vida útil y responsable frente a sí mismo y frente a la sociedad.

Toda esta propuesta la hace Rodríguez (2010a) desde la pedagogía

integral que es una pedagogía no tradicional definida como aquella que propone que los estudiantes empleen los tres canales de aprendizaje: visual, auditivo, cenestésico y, además, la mayoría de las inteligencias de Gardner (1995).

La relación epistémica apega a modelos del pensamiento de la época griega resaltando “la aplicabilidad de la matemática en el campo escolar mediante la formación del ser humano sobre la construcción del conocimiento, y también de sus subjetividades, de su imaginación, de su ética”. (Rodríguez, 2010c).

En lo que sigue se conjugan la transcomplejidad y la mencionada tríada para visionar la formación del docente de matemática, en el presente siglo y las subsecciones que de allí se derivan.

La transcomplejidad y la tríada: matemática-cotidianidad-y pedagogía integral en la formación del docente de matemática actual

La formación del docente de matemática es propuesta desde la Teoría Educativa Transcompleja que es “base en una estructura en metaespiral, tomando en consideración los siguientes lineamientos: fundamentos epistemológicos-filosóficos, naturaleza del conocimiento educativo, principios de la teoría educativa planteada, componentes de la educación transcompleja, acciones de la educación compleja y transdisciplinar, naturaleza de los actores

educativos transcomplejos y retos de la educación en el siglo XXI” (González, 2004).

Desde estos aspectos y la tríada en cuestión la autora de la presente ponencia hace algunas propuestas innovadoras para la formación del docente de matemáticas en las siguientes subsecciones.

Fundamentos epistemológicos-filosóficos del conocimiento matemático en la formación del docente

Entre la pedagogía integral y la matemática se En cuanto a los fundamentos epistemológicos - filosóficos del conocimiento matemático en la formación del docente de matemática es necesario redimensionar la formación del docente de matemática y del matemático, que la mayoría de las veces ejerce la docencia en las universidades, como condición necesaria hacia el logro de una Educación Matemática más humana, crítica y reflexiva.

Es así como, en la formación del docente es menester la actualización continua de la epistemología de cómo se desarrolla el proceso de enseñanza y la autocrítica de su praxis, a fin de liberar al discente de la práctica opresiva tradicional de la matemática en el aula y entender que esta actividad debe ser humanizadora ante todo. Para ello “la teoría crítica intenta desenmascarar todas las opresiones” (Guerrero, 2007).

La formación filosófica que se propende en el docente de matemáti-

ca para que ponga en el escenario una Educación Matemática humanizadora que conlleve a acciones reflexivas, críticas y liberadora de la opresión de una matemática impuesta en el aula y la preparación en la filosofía de la matemática a fin de darle sentido a la ciencia que les permita usarla en su vida y entender las funciones de cada una de sus creaciones y el porqué de su existencia.

La filosofía y la Educación Matemática inducen a reflexionar sobre la enseñanza de las matemáticas y sobre la calidad de la misma, su intencionalidad y funciones en la sociedad; invitan a indagar sobre mejores opciones didácticas y pedagógicas, instan diversidad de estudios existentes que intentan dar un viraje a la educación deshumanizadora hasta ahora impuesta.

La verdadera naturaleza del conocimiento de la matemática en la formación del docente

Se propone la formación integral del docente de matemática, éste debe prepararse desde varios campos transdisciplinario; es menester una formación en las categorías citadas por Godino y Batanero (1988); es decir, el sistema complejo formado por los componentes: semiótica, epistemología, matemática, pedagogía, psicología, sociología y didáctica.

Las categorías formativas del docente de matemática cobran sentido en la formación del nuevo matemático, en cuanto a un ser sensible con

conocimiento de historia y filosofía de la matemática y que visiona la matemática desde un punto de vista innovador y no solo desde la abstracción.

De manera general “la naturaleza misma del conocimiento, según la teoría, es compleja y transdisciplinar; está dotado de elementos constructivos, reconstructivos y reconstructivos, es uno de los nudos del proceso de complejización de lo que se quiere estudiar, educar, construir, innovar” (González, 2004). Tal cual lo es el conocimiento matemático y así debe ser propuesto en el aula.

En cuanto a esta integrabilidad se debe tener presente que Schavino y Villegas (2006) afirman que esta trasciende al holismo y denota la necesidad de asumir que la realidad es múltiple, diversa, relacional, en construcción y por ello, también deconstruible. a buscar enfoques educativos más apropiados entre la diversidad de estudios existentes que intentan dar un viraje a la educación deshumanizadora hasta ahora impuesta.

La verdadera naturaleza del conocimiento de la matemática en la formación del docente

Se propone la formación integral del docente de matemática, éste debe prepararse desde varios campos transdisciplinario; es menester una formación en las categorías citadas por Godino y Batanero (1988); es decir, el sistema complejo formado por

los componentes: semiótica, epistemología, matemática, pedagogía, psicología, sociología y didáctica.

Las categorías formativas del docente de matemática cobran sentido en la formación del nuevo matemático, en cuanto a un ser sensible con conocimiento de historia y filosofía de la matemática y que visiona la matemática desde un punto de vista innovador y no solo desde la abstracción.

De manera general “la naturaleza misma del conocimiento, según la teoría, es compleja y transdisciplinar; está dotado de elementos constructivos, reconstructivos y reconstructivos, es uno de los nudos del proceso de complejización de lo que se quiere estudiar, educar, construir, innovar” (González, 2004). Tal cual lo es el conocimiento matemático y así debe ser propuesto en el aula.

En cuanto a esta integrabilidad se debe tener presente que Schavino y Villegas (2006) afirman que esta trasciende al holismo y denota la necesidad de asumir que la realidad es múltiple, diversa, relacional, en construcción y por ello, también deconstruible.

Principios de la teoría educativa matemática que conforman al docente de matemática

Uno de los principios de las teorías educativas matemática que deben conformar al docente de matemática es la relación sujeto-sujeto en

el aula es la clave, el corazón; y es la base sobre la que se eleva toda tarea pedagógica, con sentido humano y orientación moral hacia el bien común; esto es lo que posibilita mirar la Educación Matemática como un encuentro humano, un arte integrador de diferentes campos del conocimiento más allá de la ciencia formal.

Otro principio que se hereda del gran pedagogo Freire (1972) es rescatar una propuesta pedagógica por una educación para la libertad, en donde el ser humano, protagonista de su propia historia, es un ser que siente y sufre las consecuencias de una educación bancaria, que se enfrenta a la formación alienante.

Desde luego los principios anteriores están relacionados con un principio de transcendencia como la ética; “se pronuncia la ética como verdad en el proceso educativo, una verdad constantemente traicionada bajo el yugo de la pedagogía tradicional” (Rodríguez, 2011b). Los actos antiéticos que ocurren en las aulas son muchos y van desde el uso de la matemática como ejercicio de poder y opresión para soslayar el estudiante y llevarlo a la creencia de que no es capaz de aprehenderla, hasta el hecho de no mostrar la matemática en toda su extensión. Desde la transcomplejidad y la tríada puesta en escena en la formación del docente se espera la transcendencia de una verdadera complejización del acto educativo.

Es de recordar que Scheler (2001) relaciona directamente la ética con el

concepto de valor, en las que desde luego ésta inmiscuido el amor, la tolerancia entre otros valores. La idea de amor, “expresa una ética propiamente humana” (Morín, 2003).

La ética no se practica “mecánicamente desde principios y valores; es elegir a veces en el marco de incertidumbre de la problemática que se le presente. Esto requiere reflexión, sensibilidad, argumentación, desarrollo de hábitos”. (Rodríguez, 2011b).

Los componentes de la Educación Matemática transcompleja en la formación del docente

En los componentes de la Educación Matemática transcompleja hay que tener presente que no se encuentra y no encaja de ninguna manera el conocimiento matemático reduccionista y parcelado, que se ha impuesto en el aula. Es menester “una teoría educativa transformadora, planetaria, universal y cósmica que responda a necesidades transdisciplinares y complejas, aplicable a cualquier campo de conocimiento, disciplina o ciencia” (González, 2004). El docente debe conllevar a que el discente valla, más allá del aprendizaje y la enseñanza, un individuo complejizador centrado en la investigación transdisciplinar; de allí que debe estar preparado para reconstruir su propio proceso de enseñanza y aprendizaje y ser su propio agente de cambios.

Entre los componentes en cuestión se propone un currículo integral

transcomplejo que va a la conformación de un docente integral en las categorías de Godino y Batanero (1988). Pero también es menester no olvidar las estructuras educativas, la cultura, y las prácticas educativas que interactúan, ya que la educación no es solo un proceso educativo del aula, es una gran cantidad de factores que allí intervienen.

El docente de matemática debe comportarse como un profesional intelectual crítico de su praxis y “si los profesores han de educar a los estudiantes para ser ciudadanos activos y críticos, deberían convertirse ellos mismos en intelectuales transformativos” (Giroux, 1990).

Acciones de la Educación Matemática compleja y transdisciplinar

Entre las acciones de la Educación Matemática compleja y transdisciplinar se encuentra la conformación de un renovado educador con una nueva sensibilidad que haga que esta ciencia sea visible en el pensamiento y sentir, con una formación humana, intelectual, social y profesional; promoviendo el legado de la ciencia, su historia y filosofía y su contextualización en la vida del estudiante, así como su transdisciplinariedad.

Entre los objetivos de estudiar la matemática a partir de la complejidad y dilucidar cuáles son los factores de orden matemático que se suscitan en situaciones o componentes importantes de la vida cotidiana, el contexto y la cultura. Esta prácti-

ca debe estar vinculada con la vida misma, como en efecto ocurrió en la génesis de esta ciencia formal para evitar su desarticulación con el tejido de la vida en general, y en particular, con lo social, tal cual lo expresa Rodríguez (2011a).

Desde luego, el docente de matemáticas debe aplicar la transdisciplinariedad de dicha ciencia en la complejidad educativa con la finalidad de crear conocimientos-caminos esto es puntos de encuentros de saberes de la práctica educativa. Todo esto es posible a través de un encuentro “entre los principios éticos y pedagógicos, en cada uno de los actos cotidianos; esto es capacitar el ser humano para la vida cotidiana en su quehacer permanente y una formación continua, que reforma el pensamiento”. (Rodríguez, 2010a, p 124).

Naturaleza de los actores educativos transcomplejos de la matemática

La naturaleza de los actores educativos transcomplejos de la matemática es aquella donde sus integrantes construyan sus propias prácticas educativas desde el sentir de voces que claman por una nueva manera de mostrar la matemática en las aulas.

Desde esta nueva formación del docente se da una relación epistemológica sujeto-sujeto donde todos los actores se educan son actores con iguales “condiciones en el proceso educativo, que a partir de su contexto y su aula mente social se diferen-

cian, religan, se recursiva, dialogizan y se auto-eco-organizan”. (González, 2004, p 11).

Se trata entonces de inducir a los discentes que conjuntamente con los docentes sean investigativos, reflexivos, transformadores de su realidad que se liberan de las opresiones que la práctica herrada que la pedagogía tradicional los ha sometido, que consideren la problemática se la sociedad mundial complejizando su práctica, evaluando su actuar y considerándose seres inacabados que se reeducan día a día.

Los retos de la Educación Matemática en el siglo XXI

Uno de los retos de la Educación Matemática en el siglo XXI deben ser unir a la enseñanza de la matemática la perspectiva dialógica, éste es uno de los principios que sugiere Morín (1998), que permite otra forma de pensar el mundo y su cotidianidad, estudiar fenómenos considerando el diálogo entre el orden y el desorden, el equilibrio y el cambio. Esto indica que la enseñanza de esta ciencia debe coexistir y dialogar con las demás, explicando los fenómenos en conjunto; en una visión comprensiva del mundo.

Desde luego “la enseñanza se debe desarrollar en el sentido de la transdisciplinariedad y promover una lectura de la realidad desde claves como confusión-simplificación, confusión-abstracción” (Pérez, 2003, p 201). Además con el diálogo se pue-

de establecer la relación epistemológica sujeto-sujeto entre el docente y estudiante.

Es entendible entonces que desde las perspectivas transcomplejidad y la tríada en cuestión se requiere una Educación Matemática que lleve a la trascendencia, y es que esta “surge en el compromiso de establecer lo humano como centro único de interés, el aula se convierte en encuentro de subjetividades, (...) Trascender es apropiarse de la expectativa de futuro que posee el otro y generar la alteridad”. (Tadeo, 2005, p 68).

Para ello no basta que el docente de matemáticas domine solo conocimientos matemáticos para enseñarlos, es darle sentido a este conocimiento unido a su filosofía, historia, cotidianidad, ciencias en general y cultura dándole la trascendencia enseñando, pero también educando desde la matemática.

Morín (2006) en su sexto método afirma que la ética pone particular énfasis en una auto-ética que se nutre de un supuesto antro poética y socio ética, ubica los actos del ser humano, su responsabilidad y defensa en la discusión presente general, dadas las crisis de diversa índole que experimenta la humanidad en su totalidad.

Conclusiones

La transcomplejidad da la posibilidad al educador de matemática, que de una manera integrada tal como lo propende la pedagogía integral, le posibilite al estudiante la oportuni-

dad de pensar en realidades más importantes, más amplias.

En este sentido “la educación debe promover una «inteligencia general» apta para referirse, de manera multidimensional, a lo complejo, al contexto en una concepción global” (Morín, 1999, p 24). De esta manera la formación del docente de matemáticas debe alcanzar categorías conformativas que lo eleven en un ser integral y así de esa manera darse a conocer en el aula.

De igual manera la tríada: matemática-cotidianidad- y pedagogía integral propende que la enseñanza de la matemática se dirija a formar en el espíritu de los educandos no sólo el propósito de saber hacer, sino para reconocer los aciertos, creencias y proyectos de vida.

Se debe formar así al docente, no sólo para el saber eficaz sino en la inteligencia integral: analítica, sistémica, sensible, corporal y profundamente humana. Es por ello que “la complejidad hace de la enseñanza un proceso de constante inclusividad, basado en la investigación desde la interdisciplinariedad” (Pérez, 2003, p 196).

El acto de desarrollar el pensamiento es único, e indispensable para el desarrollo del intelecto. Y sólo a través del pensamiento complejo es cuando la matemática puede hacer discernimiento de sus cualidades más innatas y el pensamiento crítico reflexivo en cada uno de los educandos. Solo de esta manera desde la

transcomplejidad se puede mostrar la matemática con su historia, filosofía y transdisciplinariedad puesta en escena de manera no parcelada.

Para ello, es urgente la formación de profesores desde la transcomplejidad, con concepciones sólidas en la manera como se ha desarrollado el conocimiento matemático y la toma de posturas críticas y creativas, en estos tiempos. Y desde luego dicho docente debe estar formado en categorías como la semiótica, la historia y filosofía de la matemática, la psicología, la sociología y la didáctica de la matemática.

La matemática debe ser ofrecida como un saber útil, pertinente, afectuoso, provechoso, conveniente, importante y adecuado para dar respuestas a los problemas actuales que confrontan los estudiantes. Considerando siempre que todos los procesos humanos son multidimensionales, que tienen una complejidad de factores, y sólo se deben tratar de entender a través de un complejo encadenado que no se desune.

Con la pedagogía integral se coloca en escena en el aula de clases la relación epistemológica sujeto - sujeto; que la correspondencia humana, cultural y significativa, entre familia, hijos, amigos donde existe razonamientos diversos. Según Scheler (2000) el hombre se distingue de los animales por lo que los griegos llaman la razón.

Estas intersubjetividades no son simplificables ni medibles, no tiene

finitud ni la pasión, ni los valores, ni la moral. La reciprocidad entre seres humanos es dialógica, bidireccional, en ambos lados existe la conciencia y el lenguaje; muchas veces no hay acuerdos entre reglas de convivencia como: justicia, bondad, rectitud; la relación no es objetiva.

Referencias Bibliográficas

- Freire, P. (1972). *La educación como práctica de la libertad*. México, México: Siglo XXI.
- Gardner, H. (1995). *Inteligencias múltiples. La teoría en la práctica*. Barcelona, España: Paidós.
- Giroux, H. (1990). *Los profesores como intelectuales: Hacia una pedagogía crítica del aprendizaje*. Barcelona, España: Paidós.
- Godino, J.; Batanero, C. (1998). The dialectic relationships among theory, development and practice in Mathematics Education: a meta analysis of three investigations. En Malara, N. A. 1998:13-22.
- González, J. (2004). *Bases de la Teoría Educativa Transcompleja. Un camino emergente de la Educación*, [en línea], de http://www.cea.ucr.ac.cr/catedrau/attachments/078_Bases%20de%20la%20Teoria%20Educativa%20Transcompleja%20Dr.Gonzalez.pdf
- Guerrero, O. (2007). *Teoría Crítica y Educación Matemática*. Revista Evaluación e Investigación 2(1): 24-41.
- Morín, E. (1998). *Introducción al pensamiento complejo*. Madrid, España: Gedisa.
- Morín, E. (1999). *Los siete saberes necesarios para la educación del futuro*. Caracas, Venezuela: UNESCO, FACES-UCV. CI-POST.
- Morín, E. (2003). *El método II. La vida de la vida*. Madrid, España: Cátedra.
- Morín, E. (2004). *Unir los conocimientos*. La Paz: Bolivia.
- Morín, E. (2006). *El método IV. Ética*. Madrid, España: Cátedra.
- Nicolescu, B. (2002). *Manifesto of Transdisciplinarity*. Albany: State University of New York.
- Pérez, E. (2003). *Para pensar en la formación del docente venezolano del siglo XXI*. Revista de Teoría y Didáctica de las Ciencias Sociales 8: 189-208.
- Rodríguez, M. (2010b). *Matemática, Cotidianidad y Pedagogía Integral: Elementos Epistemológicos en la Relación Ciencia-Vida, en el Clima Cultural del Presente*. Tesis Doctoral. Universidad Nacional Experimental Politécnica de la Fuerza Armada. Caracas, Venezuela.
- Rodríguez, M. (2011^a). *Pedagogía integral: ruptura con la tradicionalidad del proceso de enseñanza de la matemática*. Aletheia. Revista de Desarrollo, Humano, Educativo y Social Contemporáneo 3 (2): 1-16.
- Rodríguez, M. (2011b). *La ética en la praxis de la tríada: matemática – cotidianidad – y pedagogía integral*. Revista Educación y Desarrollo Social 5(1): 175-184.
- Rodríguez, M. 2010a. *El papel de la escuela y el docente en el contexto de los cambios devenidos de la praxis del binomio matemática-cotidianidad*. UNIÓN. Revista Iberoamericana de Educación Matemática 21: 113-125.
- Rodríguez, M. 2010c. *Matemática, cotidianidad y pedagogía integral: tendencias oferentes desde una óptica humanista integral*. Revista Electrónica Interuniversitaria de Formación del Profesorado 13: 105-112.
- Schavino, N.; Villegas, C. (2006). *El Paradigma Integrador Transcomplejo*. En ensayos de investigaciones. Maracay, Venezuela. Publicación del centro de investigación de Postgrado de la Universidad Bicentennial de Aragua.
- Scheler, M. (2000). *El formalismo en la ética y la ética material de los valores*. Madrid, España: Caparrós.
- Scheler, M. 2001. *Ética: nuevo ensayo de fundamentación de un personalismo ético*. Madrid, España: Caparrós.

Steiner, H. (1985). Theory of Mathematics Education (TME) An Introduction. For the Learning of Mathematics 5(2): 11-17.

Tadeo, J. (2005). Fundamentos Epistemológicos para la Educación más allá de la Postmodernidad. Educar para la Trascendencia. Revista Anthropos Venezuela 50/51: 59-71.

Evaluación hidroquímica preliminar de un sistema acuífero de un sector costero del estado Miranda – avance

Silva Soraya

Centro de Oceanología y Estudios Antárticos
Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas - (IVIC)
ssilval@ivic.gob.ve
Venezuela

Díaz Ricardina

Escuela de Ingeniería Geológica
Universidad de los Andes - (ULA)
ssilval@ivic.gob.ve
Venezuela

DeCarli Fernando

Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMEH),
ssilval@ivic.gob.ve
Venezuela

Suarez Paula

Laboratorio de Microbiología Acuática
Universidad Simón Bolívar - (USB),
ssilval@ivic.gob.ve
Venezuela

Jegat Herve

Centro Interamericano de Desarrollo e Investigación
Ambiental y Territorial (CIDIAT)
ssilval@ivic.gob.ve
Venezuela

Prado Lenis

Centro Interamericano de Desarrollo e Investigación
Ambiental y Territorial (CIDIAT)
ssilval@ivic.gob.ve
Venezuela

Barros Haydn

Laboratorio de Física Nuclear
Universidad Simón Bolívar - (USB),
ssilval@ivic.gob.ve
Venezuela

Sivira Daniel

Escuela de Ingeniería Geológica
Universidad de los Andes - (ULA)
ssilval@ivic.gob.ve
Venezuela

Ojeda Jackson

Centro de Oceanología y Estudios Antárticos
Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas - (IVIC)
ssilval@ivic.gob.ve
Venezuela

Fecha de recepción: 26-02-2014 Fecha de aceptación: 15-03-2014

Resumen

El agua subterránea era considerada un recurso protegido contra la contaminación; no obstante, ha sido demostrado que los acuíferos pueden ser afectados por actividades antrópicas y por procesos provocados por el cambio climático y global. La protección de los mismos es esencial para poder lograr el desarrollo sustentable de la sociedad. Bajo esa inquietud surge esta investigación con el objetivo principal de caracterizar hidrogeoquímicamente un sistema acuífero en una zona costera del esta-

do Miranda, para evaluar su posible contaminación salina o de otra fuente, y generar información científica para la gestión y el manejo integral y sustentable de ese recurso. Este es un proyecto en desarrollo, por lo que en este artículo se presentan los avances alcanzados hasta la fecha, que incluyen resultados sobre talleres y reuniones de trabajo con las comunidades organizadas de “Oso Cotiza” y “Santa Ana Valle Seco”; además de programas de concientización sobre la importancia de este valioso recurso. Se ha conciliado la participación de expertos en aguas subterráneas de

diferentes instituciones venezolanas. Así mismo, se ha iniciado el inventario de los pozos de agua en la zona en estudio, por lo que se planea coleccionar muestras de agua tanto en periodo de lluvia como en periodo de sequía. Se han seleccionado diez (10) pozos y dos (2) arroyos a ser evaluados. Igualmente, son presentados resultados preliminares sobre parámetros fisicoquímicos como pH.

Palabras clave: Evaluación hidroquímica; sistema acuífero; cambio climático; desarrollo sustentable

Preliminary hydrochemical evaluation of a aquifer system of a coastal sector of the state Miranda - progress

Abstract

Groundwater was considered a protected resource against pollution, however, it has been demonstrated that aquifers can be affected by anthropogenic activities and by processes caused by climate and global change. The protection of them is essential to achieve the sustainable development of society. Under this concern arises this research with the main objective of characterizing hydrogeochemically an aquifer system in a coastal area of Miranda State, to evaluate its possible salt contamina-

tion or from another source, and to generate scientific information for the management and the integral and sustainable management of that resource. This is a project under development, so this article presents the progress made to date, which includes results on workshops and working meetings with the organized communities of “Oso Cotiza” and “Santa Ana Valle Seco”; as well as awareness programs about the importance of this valuable resource. The participation of groundwater experts from different Venezuelan institutions has been reconciled. Likewi-

se, the inventory of water wells in the study area has begun, so it is planned to collect water samples in both the rainy and drought periods. Ten (10) wells and two (2) streams to be evaluated have been selected. Likewise, preliminary results are presented on physicochemical parameters such as pH, electrical conductivity, temperature, total dissolved solids (TDS), alkalinity, chlorides.

Keywords: Hydrochemical evaluation; aquifer system; climate change; sustainable development

Introducción

Las áreas costeras son, en general, lugares en donde la población se establece y desarrolla actividades de relevancia, favorecidas por su actividad productiva de manera importante. Esto es a favor de las posibilidades de comunicación por vía marítima, el aprovechamiento de los recursos naturales del mar, en especial los pesqueros, y por el clima apropiado y atractivo turístico que presentan los paisajes costeros. Esta potencialidad de desarrollo que presentan estas zonas costeras impulsan el crecimiento de ciudades y centros poblados, lo cual conlleva a la demanda de servicios y necesidades básicas, entre las que se destaca el aprovisionamiento de agua potable, donde el aprovechamiento del agua subterránea puede resultar de suma importancia.

La necesidad de agua ha causado un incremento en el uso de las aguas subterráneas en áreas sensibles como los ambientes costeros, donde los acuíferos pueden sufrir de intrusión salina, lo que en consecuencia resulta en el deterioro de su calidad. Todo esto conlleva a la necesidad de conocer los mecanismos que determinan las características de calidad de las aguas de estos acuíferos, que permita poder llevar a cabo la explotación sustentable de este recurso [Silva-Filho *et al.*, (2009)].

El territorio venezolano está irrigado con innumerables fuentes

de agua que lo califican como país privilegiado en recursos hídricos. Sin embargo, el patrón de crecimiento poblacional, el proceso de urbanización, la pérdida de calidad de los cuerpos de agua, los riesgos naturales, y la deficiente gestión y conservación del recurso, inciden en la multiplicación de los factores que contribuyen con el deterioro de estas fuentes. Para ello es necesario adoptar medidas concertadas que impulsen el principio de una gestión integrada de estos recursos, que afronte situaciones como el consumo excesivo de agua, los conflictos de uso, el deterioro de los ecosistemas acuáticos y biodiversidad conexas y la creciente amenaza de peligros naturales. De igual manera, el incremento del nivel del mar debido a los cambios climáticos, favorecen las posibilidades de contaminación marina en acuíferos costeros. Por lo tanto, se hace cada día más importante y necesaria la información sobre los impactos regionales y locales del cambio climático sobre los procesos hidrológicos [IPCC, (2001); Ranjan *et al.*, (2007)].

De acuerdo a las acciones pendientes en el Plan Nacional de Gestión Integral de las Aguas (2007), del Ministerio para el Poder Popular del Ambiente, una de las acciones pendientes es la elaboración de proyectos que permitan la solución de aspectos como, recuperación de cuencas degradadas y gestión del agua en zonas de especial interés

ambiental, entre otros. Por la tanto, este proyecto respondería a esta necesidad del Plan Nacional de Gestión de este recurso.

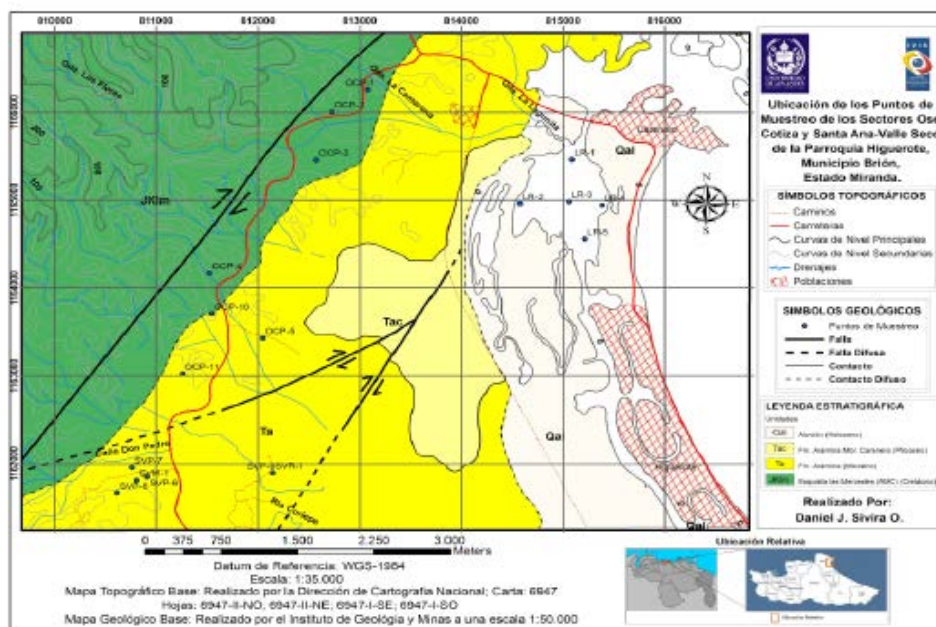
Este proyecto en desarrollo, iniciado muy recientemente, tiene como objetivo general caracterizar hidro-geoquímicamente el sistema acuífero de una zona costera del estado Miranda, específicamente en las comunidades de Oso Cotiza y Santa Ana Valle Seco, para generar información sobre su calidad a través del uso de diferentes herramientas y la colaboración inter-institucional, para contribuir al mejor uso y manejo del recurso hídrico en nuestras zonas costeras.

Materiales y Métodos

Ubicación del área de estudio

El sistema acuífero en estudio se encuentra ubicado entre los sectores Oso Cotiza y Santa Ana-Valle Seco, específicamente al Oeste de la localidad de Carenero, pertenecientes a la parroquia Higuerote, Municipio Brion (Figura 1). Una primera fase de este proyecto consistió en recopilar la información existente sobre aguas subterráneas en esta zona costera para contribuir a su actualización.

Figura 1. Ubicación del área de estudio



Conciliar la participación de diferentes instituciones relacionadas al recurso hídrico

La participación se ha logrado a través de conversaciones y reuniones con personal de instituciones como INAMEH, CIDIAT, ULA, USB, UCV, entre otros, con amplia experiencia en el recurso hídrico en nuestro país.

Programas de concientización

Se llevan a cabo a través de reuniones, talleres y mesas de trabajo con los habitantes de las comunidades, tratando temas relacionados a la importancia de las aguas subterráneas y cómo proteger este valioso recurso hídrico.

Inventario de pozos de agua

Se efectuó una salida de reconocimiento del área para inventariar los pozos de agua activos en la zona de estudio, georreferenciando su posición.

Muestreo y análisis

Se están efectuando muestreos de agua en época de lluvia, sequía e intermedio de pozos y manantiales, al igual que de agua de lluvia. Para coleccionar agua de lluvia se está utilizando la metodología recomendada por Araguas (2006).

Se determinan los niveles de los pozos y los parámetros fisicoquímicos in situ, pH, oxígeno disuelto, conductividad eléctrica, salinidad y temperatura con el uso de una sonda multiparamétrica YSI Modelo

600XL.

Se determinan valores de cloruros, alcalinidad (Gran, 1952) e iones mayoritarios, por métodos analíticos standards (Standard Methods, 1995).

Se determinan los valores de elementos metálicos mayoritarios y trazas a través de Fluorescencia de Rayos X por Reflexión Total (TXRF), S2 PICOFOX de Bruker AXS, en el Laboratorio de Física Nuclear de la USB.

3.5.5. Se llevan a cabo análisis de los isótopos estables oxígeno (^{18}O) y deuterio (^2H) a través de Espectrometría Laser para Aguas, Modelo DLT-100, en el CIDIAT.

Se efectúan análisis de Radón (^{222}Rn) a través de Contador de Centelleo Líquido Packard Tri-Carb,

en la Unidad de Tecnología Nuclear del IVIC.

3.5.7. Se hacen análisis microbiológicos para determinar coliformes totales a través de la metodología del Numero Más Probable (NMP) en el Laboratorio de Microbiología Acuática de la USB.

Resultados y Discusión

Resultados preliminares

Considerando que este es un proyecto en desarrollo se presenta a continuación los resultados más relevantes obtenidos hasta la fecha.

Se concilió la participación en este estudio de expertos en aguas subterráneas de nuestro país, Dr.

Herve Jegat, del CIDIAT, quien ha participado en algunas salidas de campo y en todo momento está brindando asesoría técnica. De igual manera, están colaborando en este proyecto, personal de la Oficina de Aguas Subterráneas del INAMEH, destacando el MSc. Fernando Decarli, MSc. Manuel Figuera, MSc. Shirley Fernández y Germán Zerpa, quienes están participando en muestreos y colección de información sobre los pozos de agua y han llevado a cabo un primer Sondeo Eléctrico Vertical en la zona de estudio. También se concilio la participación de la Profesora Ricardina Díaz, quien también está colaborando en el desarrollo de este proyecto y ha participado en actividades de campo. De igual manera, el Dr. Haydn Barros de la USB también está colaborando en

este proyecto brindando asesoría técnica y apoyo en análisis, al igual que el personal del Instituto de Ciencias de la Tierra de la UCV.

Se ha iniciado con éxito la campaña de concientización dirigida a los pobladores de las comunidades costeras de Higuerote, quienes usan el recurso hídrico subterráneo. En todo momento estas comunidades han sido muy receptivas y han colaborado en el desarrollo de este proyecto, así mismo muy interesadas en adquirir conocimientos relacionados a las aguas subterráneas.

Se efectuó el reconocimiento del área e inventario de los pozos y manantiales en la zona de estudio, los cuales se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1. Pozos y sitios de muestreo inventariados en la zona de estudio

SITIOS	PROPIETARIO	SITIO	COORD UTM (19)		CONDUCT. ELÉCT. (μS/cm)	pH	NIVEL (m)		TIPO
			NORTE (m)	ESTE (m)			Estático	Dinámico	
OCP1	Jairo Molina	Fundo La Abuela	813136	1166179	1540	6,58		17,9	C
OCP2	Ismelia Varolache	Fundo Mi Futuro	812728	1166001	1075	6,41	3,2		C
OCP3	Crisanto Echavarría	Fundo Agua Dulce	812584	1165445	1162	6,58	*		A
OCP4	José De Lima	Restaurant Doña Eva	811525	1164170	1885	6,42	5,3		C
OCP5	Ana M. Roid	Finca la Gordia	812054	1163424	804	6,53	-	-	M
SVP6	Consuelo de Reyes	Parcela / casa	810914	1161849	370	6,93	1		C
SVP7	Marcelino Arredondo	Parcela / casa	810765	1161966	999	6,46	1,51		C
SVP8	Humberto Vega	Parcela / casa	810602	1161709	976	6,54	2,9		C
SVM1	Manantial	Qda Valle Seco	810810	1161814	804	6,53	-	-	M
SVP9	Manuel Doscal	Parque Aventura	812142	1161900	442	6,56	0,3		C
OCP10	Hernando Lóñez	Fundo El Milagro	811522	1163496	1413	6,82	-0,08		C
OCP11	David Reyes	Parcela / Casa	811260	1163025	1240	6,59	-	-	C

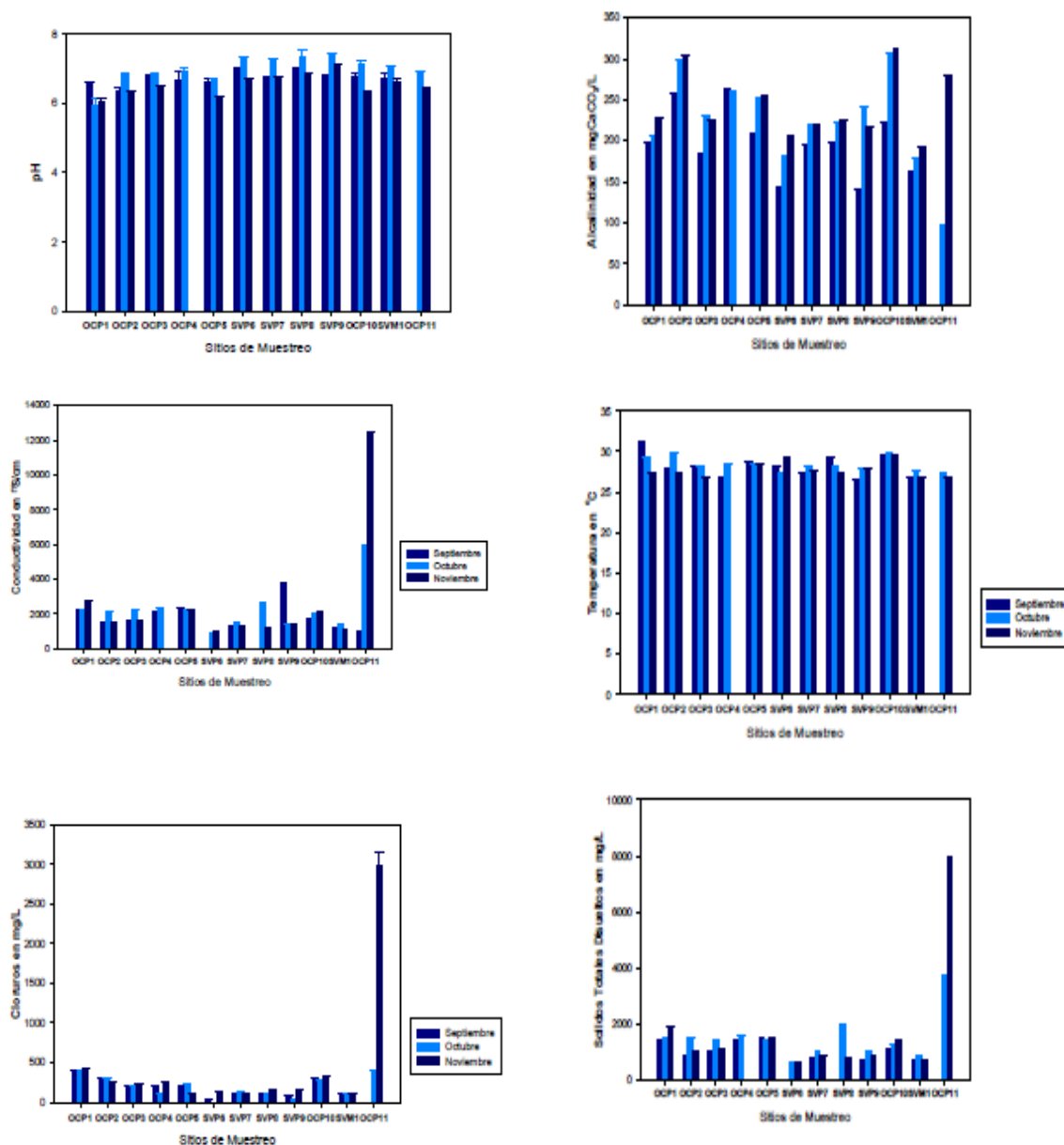
C: aljibe, A: pozos perforados, M: manantial

Se efectuaron muestreos preliminares y dichas muestras de agua están siendo analizadas actualmente en los laboratorios específicos. Los resultados que se generen se compararan con los valores máximos permisibles del Decreto 883 (1995) sobre la clasificación y control de la calidad

de los cuerpos de agua. Resultados preliminares de parámetros fisicoquímicos se presentan en la Figura 2. Estos resultados parecen indicar que existe una variación espacial en parámetros como conductividad, sólidos totales disueltos y cloruros, indicado especialmente por las concentracio-

nes elevadas observadas en el sitio OCP11, el cual es un sector utilizado para agricultura y cría de animales. La integración del resto de la información que se obtenga de los análisis químicos y biológicos permitirá discutir mejor estos resultados.

Figura 2. Parámetros Fisicoquímicos en los diferentes sitios de muestreo



Conclusiones

Los resultados preliminares obtenidos hasta ahora parecen evidenciar la existencia de variación temporal en algunas de estas variables, lo que apunta a la necesidad de integrar la información del resto de los análisis para llegar a conclusiones definitivas en este sentido. Sin embargo, en otros aspectos se puede concluir que, a través del establecimiento de la alianza estratégica interinstitucional, se han podido aunar esfuerzos en la ejecución exitosa de este proyecto y contribuir a la generación de redes de investigación y construcción de capacidades en temas relacionados a las aguas subterráneas. A través de los programas de concientización, talleres y mesas de trabajo las comunidades organizadas manejan información importante relacionada al recurso hídrico y sobre todo como pueden contribuir a mantener la calidad de ese recurso.

Agradecimiento

A todo el personal del Centro de Oceanología y Estudios Antárticos del IVIC.

Al personal del Instituto de Ciencias de la Tierra de la UCV.

A Bárbara Ordoñez de la Fundación Ecológica Brión, ECOBRION.

A Manuel Figueroa y Shirley Fernández del INAMEH.

Al personal del CIDIAT.

A los pobladores de las comunidades de Oso Cotiza y Santa Ana Valle Seco, Higuerote, estado Miranda.

En memoria del Profesor Armando Ramírez.

Al FONACIT por el financiamiento de este proyecto

Referencias Bibliográficas

- Araguas, L. (2006). The Global Network of Isotopes in Precipitation (GNIP). IAEA, Section of Isotope Hydrology, Water Resources Program, in: Meeting on Establishment of National Networks for Monitoring Isotope contents in precipitation, Vienna, 8 – 10 November.
- Gran, G. (1952). Determination of the equivalence point in potentiometric titration: Analyst. 77(N 920): 661-671.
- IPCC. (2001). Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contributions of Working group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Houghton JT, Ding Y, Griggs DJ, Noguer M, van der Linden PJ, Dai X, Maskell K, Johnson CA (Eds.) Cambridge University Press, Crambridge, UK.
- Normas para la Clasificación y el Control de la Calidad de los Cuerpos de Agua y Vertidos o Efluentes Líquidos. (1995). Gaceta Oficial N° 5021. Poder Legislativo de Venezuela.
- Ranjan, P.; Kundell, J.; Golubiewski, N. (2007). Effect of climate change and land use change on saltwater intrusion. In: Encyclopedia of Earth. Eds. Cutler J. Cleveland (Washington DC: Environmental Information Coalition, National Council for Science and the Environment).
- Silva-Filho, EV.; Sobral, RG.; Emblanch, C.; Blavoux, B.; Sella, SM.; Daniel, M.; Simler, R.; Wasserman. (2009). Groundwater chemical characterization of a Rio de Janeiro coastal aquifer, SE-Brazil. Journal of South American Earth Sciences. 27: 100-108.
- Standard Methods for the Examination of Water And Wastewater. (1995). Edited by A.Greenberg, L. Clescerl, A. Eaton. Washington D.C.
- Vitalis. (2006). Gestión Integrada de los Recursos Hídricos en Venezuela. Compilado y Editado por Ahzaid Cañizalez, Silvana Peñuela, Diego Díaz Martín, María Elisa Febres.

The background of the page is covered with a repeating pattern of a stylized bird logo. The logo is a grey silhouette of a bird, possibly a stork or a similar large bird, facing right. It has a long, pointed beak and a small circular eye. The bird is positioned within a larger, rounded, cloud-like shape. This entire unit is repeated across the page in a grid-like fashion, creating a textured background.

Normas de publicación

Normas de Publicación

•El contenido del manuscrito debe representar, de forma original e inédita, una contribución significativa al conocimiento científico y asimismo, reunir los siguientes aspectos: área temática, pertinencia, generación de conocimiento, existencia de propuestas, contribuciones a futuras investigaciones, originalidad, valor científico, coherencia del discurso, vigencia de la información y calidad de las referencias bibliográficas.

•El manuscrito deberá enviarse por el correo electrónico a revoc2012@gmail.com, anexando los siguientes recaudos firmados por todos los autores:

- Resumen curricular (máximo 1500 palabras) con foto digital.

- Constancia de originalidad.

- Carta de Acuerdo entre el autor y coautores, sobre la publicación del manuscrito.

- Cesión de derechos y permisos de divulgación y difusión del manuscrito.

•La revista el Observador del Conocimiento recibe los siguientes tipos de manuscritos:

- Artículos de investigación:** Espacio dedicado a la publicación de manuscritos inéditos, que expliquen de manera detallada la interpretación de los resultados. La estructura debe constar de cinco partes: Resumen, Introducción, Metodología, Resultado y Conclusión, con una extensión entre 8.000 a 10.000 palabras, incluyendo la bibliografía consultada.

- Ensayos de investigación:** Espacio dedicado a la presentación de argumentaciones, sistematizaciones y análisis de resultados de investigaciones inéditas, que den cuenta de los avances y tendencias en un determinado ámbito de la ciencia, tecnología e innovación. La estructura debe de estar presentada de la siguiente manera: Resumen, Introducción, Desarrollo y Conclusiones, con una extensión entre 8.000 a 10.000 palabras incluyendo la bibliografía.

- Reseñas bibliográficas:** Espacio que analiza publicaciones de reciente aparición en la temática tratada por la revista. Estas deben analizar documentos publicados durante los 2 años anteriores a la entrega de las mismas, salvo que se trate de obras clásicas, con el propósito de reseña a través de un análisis crítico en el ámbito de la ciencia, tecnología e innovación y sus aplicaciones; el mismo debe estructurarse con los siguientes ítems: Descripción de la reseña, Introducción, Aporte del autor acerca de la temática que presenta e Ideas conclusivas con una extensión máxima de 2.000 palabras; debe agregarse adicionalmente una imagen de la portada en formato JPG.

- Las opiniones y afirmaciones emitidas son de exclusiva responsabilidad de sus autores.

- Los manuscritos aceptados son propiedad de la revista Observador del Conocimiento, y no podrán ser publicados (completa o parcialmente) sin consentimiento por escrito del Comité Editorial.

- Los manuscritos deben señalar su procedencia cuando éstos respondan a tesis de grado y/o proyectos.

- Para información adicional, puede escribir al cuerpo editorial de la revista por el correo revoc2012@gmail.com.

- El comité editorial se encargará de la recepción de los manuscritos, así como del seguimiento y evaluación de estos.
- El manuscrito debe ser compatible con los programas informáticos en software libre y estándares abiertos, en correspondencia con el artículo 34 de la Ley de Infogobierno.
- El cuerpo editorial de la revista remitirá por correo electrónico el acuse de recibo del manuscrito recibido.
- El manuscrito será sometido a una valoración preliminar por parte del cuerpo editorial a los fines de verificar el cumplimiento de los requisitos de estructura, ámbito temático propuesto, carácter inédito, científico y originalidad exigidos por la revista. De no cumplirse con los requisitos preestablecidos será devuelto para que él o los autores realicen las respectivas correcciones, y deberán consignarlos nuevamente en un lapso no mayor de 15 días continuos.
- Una vez superada la instancia de la revisión por parte del cuerpo editorial, será sometido a un proceso de evaluación por tres árbitros con competencias en el área específica de cada manuscrito a través del sistema conocido como “doble ciego”, quienes contarán con las pautas para la evaluación y el manuscrito a evaluar previamente anonimizado.
- Los manuscritos enviados a la revista se evaluarán en un lapso no mayor a treinta (30) días calendario.
- Para la decisión, se tomará en cuenta la coincidencia anónima de resultados de dos de los tres dictámenes solicitados.
- Los manuscritos deben estar escritos a una columna, tamaño carta, margen de 2.5 cm, tipo de letra Arial, tamaño 12, espacio simple, con numeración arábiga en la parte inferior centrada.
- Título:** Se presenta en castellano e inglés, centrado en negrillas, con mayúsculas y minúsculas. El mismo debe ser conciso e ilustrativo que resuma la idea central del trabajo. No más de 12 palabras, sin acrónimos.
- Investigadores:** Debe incluir datos del autor y coautores hasta un máximo de 5 coautores en orden de importancia a su participación, de acuerdo con el siguiente esquema: nombre del autor/coautor, afiliación institucional, número de ORCID, correo electrónico y país.
- Resumen:** En castellano e inglés, con una extensión máxima de 250 palabras, en un solo bloque, debe incluir objetivos y el alcance, describir los métodos empleados, resumir los resultados y enunciar las conclusiones principales.
- Palabras clave:** incorporar cinco palabras clave, separadas cada una de ellas por punto y coma (;).
- Introducción:** Establecer el propósito del manuscrito, justificación, alcance y objetivos de la investigación/ensayo.
- Desarrollo:** En el caso de artículos de investigación debe indicarse con claridad, qué se investigó, cómo se investigó, cuáles son los hallazgos y qué significan. En el caso de ensayos enfatizar los aspectos nuevos e importantes del debate donde se inscribe el ensayo. Debe mostrar un acercamiento a las tesis centrales de los autores que marcan dicho debate, las contradicciones y paradojas presentes así como los retos y desafíos que de sus reflexiones se desprenden.
- Conclusiones:** Deben indicar los principales hechos y sus consecuencias relacionadas con los objetivos planteados, evitar frases no calificadas, ni apoyadas completamente por los datos.

- Los títulos de las secciones y subsecciones de los manuscritos deben ajustarse a las siguientes características:

Nivel	Formato
1	Centrado en negrillas, con mayúsculas y minúsculas, letra Arial, tamaño del texto 12 puntos.
2	Alineado a la izquierda en negrillas con mayúsculas y minúsculas, letra Arial, tamaño del texto 12 puntos y numeración correlativa
3	Alineado a la izquierda en negrillas, con mayúsculas y minúsculas, sangría 5 espacios, letra Arial, tamaño del texto 12 puntos y un punto al final.

- Las referencias bibliográficas deberán ajustarse a las normas del sistema American Psychological Association (APA).

• Las referencias deben corresponder a menciones realizadas en el texto y serán presentadas al final del manuscrito de forma separada.

• Las referencias se ordenarán consecutivamente siguiendo los siguientes criterios: 1) por orden alfabético por apellido de autor y 2) por orden cronológico. Asimismo, utilizar letra Arial 12, espaciado simple y sangría francesa.

• Al hacer un parafraseo de alguna postura de un autor se colocará entre paréntesis, el apellido del autor la primera letra en mayúscula, una coma y año de publicación.

Ejemplo: Las organizaciones se encuentran permanentemente influenciadas por fuerzas ambientales y son de tipo económica, social, demográfica, geográfica, política, jurídica, tecnológica y competitiva. (David, 1991)

• Las notas a pie de página deben servir para introducir información complementaria, no para hacer referencias bibliográficas y se deben denotar en el texto mediante numeración arábiga consecutiva; para ello, se deberá utilizar una tipografía Arial 10, interlineado sencillo y alineación justificada.

• Las expresiones en otro idioma al castellano deberán presentarse en letra cursiva y no deberán superar las veinticinco (25) palabras en todo el escrito, asimismo deberán señalar una idea general como traducción de esta.

• Las citas hasta un máximo de cuarenta (40) palabras se incluirán en el texto entre comillas, indicando entre paréntesis el autor, año de publicación y número de página. Cuando superen las cuarenta (40) palabras, deberán transcribirse en un párrafo aparte del texto, con una sangría de 1,5 cm por el lado izquierdo, utilizar letra Arial 12, cuidando que no sean extensas. Se señala que se deben seguir los criterios de las normas APA para citas:

Ejemplo:

Nuevos productos pasaron a ser comerciales intercontinentalmente, el ron el algodón, el café, cacao, azúcar el petróleo y con eso nuevas zonas pasaron a ser desarrolladas por las oportunidades que ofrecía la globalización de la época... (Martínez, p.214).

• El uso de las abreviaturas, así como las siglas, se deben escribir completos la primera vez que aparecen e inmediatamente después el término abreviado entre paréntesis sin puntos ni espacios. Ejemplo: Tecnologías de información y comunicación (TIC).

- Las tablas (cuadros) y figuras (dibujos, fotografías, diagramas, mapas...), deben ser claros y legibles e insertarse en el

cuerpo del texto en formato JPG; deben numerarse con números arábigos. La denominación o títulos deben presentarse fuera de la tabla o figura en la parte superior si es una tabla y en la parte inferior si es una figura. Al pie de estas se registran las notas aclaratorias, así como el crédito a la fuente de datos (fuente de procedencia y fecha de la información suministrada). Si la fuente proviene de internet debe incluir la dirección electrónica de la página. Es responsabilidad del autor obtener los permisos y derechos para incluir las tablas y figuras provenientes de otras fuentes.

- En el caso de usar ecuaciones deben estar numeradas de manera consecutiva y entre corchetes ([1], [2], [3]...). Los símbolos matemáticos deben sean claros, legibles.

Normas para árbitros

•El sistema de arbitraje adoptado será el “doble ciego”, el cual asegura la confiabilidad del proceso y mantendrá en reserva la identidad de los árbitros y autores, evitando el conocimiento recíproco de los mismos.

•El sistema de arbitraje garantizará la objetividad, transparencia e imparcialidad de los veredictos emitidos acerca de la calidad de los manuscritos presentados. Se tendrá especial cuidado en la adecuada selección de los árbitros conforme al perfil establecido por el comité editorial y el artículo a evaluar.

•El veredicto de los árbitros concluirá con una recomendación sobre la conveniencia de la publicación del manuscrito, y deberá enviarse al editor de la revista en el formulario elaborado para tal efecto.

•Las categorías de evaluación que determinarán el estatus del manuscrito son las siguientes:

•**Publicable:** Cuando, según el criterio de los árbitros asignados, el contenido, estilo, redacción, citas y referencias, evidencian relevancia del manuscrito y un adecuado manejo por parte del autor (es), corresponde a los criterios de excelencia editorial establecidos.

•**Publicable con modificaciones:** Cuando a pesar de abordar un tema de actualidad e interés para la revista y evidenciar adecuado manejo de contenidos por parte del autor(es), se encuentren en el texto deficiencias superables en la redacción y estilo, las cuales deben ser incorporadas en máximo 15 días continuos.

•**No publicable:** Cuando, según el juicio de los árbitros, el texto no se refiera a un tema de interés de la publicación, o evidencie carencias en el manejo de contenidos por parte del autor(es); así como también en la redacción y estilo establecidos para optar a la publicación. Es decir, que no cumple con las normas exigidas en el baremo de evaluación.

•El arbitraje se basará tanto en la forma como en el contenido de los manuscritos. Los criterios de evaluación a considerar serán los siguientes:

- a) Pertinencia o aportes del manuscrito.
- b) Nivel de elaboración teórica y metodológica.
- c) Claridad, cohesión, sintaxis, ortografía en la redacción.
- d) Adecuación del resumen.
- e) Actualidad y pertinencia de la bibliografía.
- f) Presentación de citas bibliográficas.
- g) Relación de citas del texto indicadas en referencias.
- h) Adecuación del título con el contenido.
- i) Organización (introducción, desarrollo y conclusiones).
- j) Presentación de gráficos y tablas (si las hubiere).
- k) Presentación del manuscrito conforme a las características establecidas para los títulos de las secciones y subsecciones.



Hoja de Evaluación

Instrucciones: Una vez leída la contribución anexa a esta hoja de evaluación se le presentan una serie de ítem referidos a los aspectos que esta reúne. Debe marcar con una “X” la característica que a su juicio son relevantes de acuerdo a los siguientes parámetros: “E” Excelente; “B” Bueno; “R” Regular o “D” Deficiente.

De ser necesario, redacte su apreciación en las líneas de observaciones que siguen al aspecto. Al final de la evaluación refrendará su recomendación marcando una equis en publicar, publicable corrigiendo observaciones o no publicar, según su apreciación.

1.- Datos del Manuscrito

Título del manuscrito	
-----------------------	--

2- Evaluación

Aspectos	E	B	R	D	Justificación
Título					
Resumen					
El tema de investigación es original e interesante para la comunidad científica					
Desarrollo coherente del contenido					
Organización de secciones					
Objetividad del planteamiento					
Los constructos teóricos presentes son actualizados, coherentes y consistentes					
Profundidad del Tema					
Aporte al conocimiento					
Uso adecuado de las fuentes					
Manuscrito original con aportes significativos y/o novedosos					
Los resultados son pertinentes en el área del conocimiento al que se circunscribe					
Uso adecuado de tablas y figuras					
Presentación de recomendaciones y/o conclusiones					
Fuentes actualizadas					

Resultado evaluación

Publicar:	Publicar corrigiendo observaciones	No publicar
Observaciones generales:		
Fecha de Recepción:		
Fecha de Evaluación		

The background of the page features a repeating pattern of a stylized bird logo. The logo is composed of a grey circular base with a white bird-like shape inside, including a beak and a small eye. The pattern is arranged in a grid across the entire page.

Histórico

Vol 1 N° 1 - diciembre 2013.

• *Contaminación del suelo por helmintos de importancia clínica en balnearios de El Tocuyo, estado Lara.*

Vizcaya Teodoro.

• *Determinación del contenido de algunos antinutrientes (Taninos y Fitatos) presentes en la pira (Amaranthus dubius).*

Aristizabal Rosse, Contreras Yanetti.

• *La comunicación pública en la gestión integral de cuencas con enfoque participativo. ríos Pao en estado Carabobo y Unare en el estado Anzoátegui.*

Flores María, Díaz Esmeja, Arana Aracelis, Dávila Ilya.

• *Sistema de gestión de la calidad para el laboratorio de análisis instrumental de una universidad basado en ISO 17025:2005.*

Martínez Evelyn, Mendoza Gaudys.

• *Sistema de monitoreo y control de stick out en el proceso de enseñanza de soldadura manual.*

Rodríguez Miguel, Oropeza Argelia, Aguilera Asdrubal, Chacón Carlos.

• *Desarrollo sustentable, complejidad e ingeniería: simbiosis necesaria.*

Yáñez Raiza, Briceño Miguel, Alfonsi Alfonso, Yáñez Janett.

• *Aprovechamiento energético del bagazo de la caña de azúcar como solución de problemas ambientales*

de la industria azucarera venezolana.
Torrealba Hely.

• *Competencias psicosociales en la transferencia del conocimiento para las empresas de producción social turística de la península de Paraguaná.*

Vera Ana, Reyes Gladys, Santos José.

• *Consideraciones sobre el socialismo en el siglo XXI desde la Venezuela Bolivariana.*

Delgado Luis.

• *Aplicación de una metodología novedosa en la epidemiología molecular de la enfermedad de chagas.*

Recchimuzzi Giannina, Carrillo Ileana, Carrasco Hernán.

• *Comparación de los valores lipídicos, de APO B y NO-HDL en sujetos controles y con infarto al miocardio.*

Lares Maril, Castro Jorge, Brito Sara, Giacomini María, Herrera Julio, Contreras Beatriz.

• *Determinación de helicobacter estomacales no-h. pylori en una población canina de Venezuela.*

Polanco Rito, Contreras Mónica, Salazar Victor, Chávez Victor

• *Efecto del consumo de fórmulas enterales con selección de carbohidratos sobre el índice glucémico en adultos sano.*

Angarita Lisse, Parra Karla, Uzcategui Maria, Nava Eiris, Blanco Gerardo, Reyna Nadia.

• *Prevalencia del VIH en pacientes que asisten al laboratorio regional de salud pública del Estado Zulia.*

Gotera Jennifer, Martínez Olga, Mavárez Alibeth, Millano María, Ferreira Maritza, Gómez María, Castillo Elina.

• *Relación entre la expresión del her-2/ neu y el status nodal axilar en cáncer de mama.*

Sánchez M., Montiel M., Lubo A., Soto L. Guerra S., Quevedo A

• *Acción de desinfectantes sobre la producción de biopelículas de cepas de staphylococcus aureus provenientes de manipuladores de alimentos.*

Mujica Isabel, Zabala Irene, Rivera Jhoandry

• *Desarrollo de hardware libre para la apropiación de tecnología de procesos agrícolas en cultivos bajo tech.*

Díaz Dhionel, Roca Santiago, Moreno, Jorge

• *Efecto de metabolitos de diez aislamientos de trichoderma spp, sobre rhizoctonia solani bajo condiciones in vitro.*

García Rosaima, Díaz Nelly, Riera Ramón.

• *Establecimiento de programas de inseminación artificial laparoscópica en ovejas y cabras como procedimiento de rutina.*

Rodríguez José, Hidalgo Gladys, Rodríguez Mardon, Morales Roneisa, Chango Rosa, Aranguren José, Mavarez. Marie

• *Estudio, multiplicación y selección de semillas de maíz cariacó a través de una red campesina. Avance 2011-2012.*

Avellaneda Andrés, Herrera Wilfredo, Ochoa Héctor, Jiménez Gustavo, Blanco Manuel, Talante Víctor

• *Evaluación de fertilidad de suelos agrícolas del estado Yaracuy basado en análisis de suelo y técnicas de análisis espacial (Geomática).*

Andrade O., Bavaresco M., Cárdenas L., Cárdenas M., Figueredo L., Giménez W., León M., Méndez M., Pagua L., River Segovia K., Silva C

• *Evaluación de la frecuencia de aplicación de SO₂ en la solución conservadora de la inflorescencia con la finalidad de medir su efecto en la cantidad y poder germinativo de la semilla de la caña de azúcar obtenida a través de cruces.*

Latiegue Rosa, Briceño Rosaura, Figueredo Luis, Cova Jenny, Niño Milagros.

• *Evaluación de la resistencia de nemátodos gastrointestinales frente a tres grupos de antihelmínticos en ovino.*

Medina Jullymar, Mendoza Pedro, Rodríguez Rafael, Graterol Irama, Alfonzo Silvestre, Sánchez Alexander.

• *Evaluación de la sustitución parcial de NaCl en el proceso de salado del bagre acumo (Bagre marinus) refrigerado.*

Rodríguez Jaime, Chirinos Karina, Cancino Jonnattan.

• *Desarrollo de aplicación para celulares que permite detectar y corregir fallas en redes de fibra óptica hasta los hogares.*

Carvalho Gloria, Núñez Héctor, Callocchia Antonio, Brito Freddy.

Vol 2 Nº 1 enero - 2014.

• *Efecto de la fertilización orgánica con npk sobre la materia orgánica, y el rendimiento del maíz en suelos degradados.*

Arrieche I. y Ruiz M.

• *Niveles de elementos traza esenciales en cabello de niños de la etnia Barí.*

Bravo Alfonso, Hernández Yorman, Montilla Brinolfo, Colina Marinela, Semprún Neomar, Villalobos Daniel, Martínez Ninfa

• *Comparación del efecto analgésico perioperatorio de clorhidrato de morfina peridural y endovenoso en perras sometidas a ovariectomía electiva.*

Chavez Victor E. Mogollon Laura V., Montes Freiban S., Villarroel Fernando J., Villarroel Rommer J.

• *El aprendizaje de la química a través del lenguaje de señas venezolano.*

Colmenares P. y Vizcaya T.

• *Polimorfismos del gen *slc11a1* en cabras criollas. un estudio inicial de la resistencia natural a paratuberculosis.*

De La Rosa. Oscar, Marques, Alexis, F. Vasquez, Belkys, J. Dickson, Luis.

• *Diseño de cuentos multimedia para fomentar la lectura en niños con discapacidad visual.*

Fernandez Luisenia

• *Modelo de mejoramiento continuo para la gestión de los procesos académico - administrativo del departamento de construcción civil del iutag.*

Ferrer Danny

• *Caracterización fisicoquímica, actividad antioxidante y contenido de polifenoles totales en pulpa de lechosa (carica papaya).*

Hernandez J., Fernandez V., Sulbaran B.

• *Homogeneidad morfológica de series de suelos, altiplanicie de Maracaibo, Estado Zulia, Venezuela. Jaimes, E.J.; Pineda, N.M.; Larreal, M.H*

• *Importancia del aprendizaje 2.0 a través de la web 2.0.*

Chipia Joan, Leon Francisco, Ortiz German, León Juan

• *Evaluación de la eficiencia biológica de *pleurotus ostreatus* en hoja de caña y tusa de maíz.*

Morillo O., Guerrero B., Toro J., Tovar B., Castaneda R., Garcia P., Cuervo W., Torres Y.

• *Anidación de *dermochelys coriacea* en el pn medanos de Coro e iniciativa de conservación en la bocaina, Paraguana, Estado Falcón.*

Rondón María.

• *Lineamientos estratégicos para*

el desarrollo del sector financiero venezolano basados en el ciclo de la inteligencia de negocios.

Roo A. y Boscan N.

• *Estudio de las oclusivas sordas /p, t, k/ en el habla espontánea de maracay: aproximaciones acústicas.*
Rossell Omar.

• *Lípidos aislados de leche materna regulan la expresión de citoquinas en células intestinales humanas (caco-2).*
Sanchez Gabriela. y Barrera Girolamo.

• *Estudio ambiental del Lago de Valencia.*
Suarez Marleny.

• *Caracterización inmunológica de peptidos sintéticos representando secuencias naturales de leishmania spp.*
Telles-Quintero Senobia, Latorre Lisette, Velasquez Zamira

• *Prototipo inalámbrico de electromiografía para el análisis clínico de la marcha de pacientes hemipléjicos.*
Ubaldo, R. Padilla, L.

• *Cromomicosis: endemia familiar invalidante de los criadores de caprinos en las zonas rurales semiárida del Estado Falcón.*
Yegres Francisco, Paris Luis, Hernandez Henri, Yegres Nicole.

• *Diagnóstico de las competencias digitales en docentes y estudiantes universitarios.*

Zambrano Jean, Izarra Jenny, Londero Anthony, Araque Yarelis, Calderon Jesús.

• *Caracterización granulométrica de sedimentos superficiales del lago de Valencia.*
Suárez Marleny.

• *La nutriescuela una herramienta de mercadeo social en la comunidad Rafael Caldera, municipio Valera, Trujillo – Venezuela.*
Luna María y Rojas Elina.

Vol 2 N° 2 febrero - 2014.

• *Distribución espacial de algunos pesticidas organoclorados (difenil alifáticos) en sedimentos superficiales del sector oriental del Golfo de Cariaco, Venezuela.*
Romero Daisy, Martínez Rodríguez.

• *Evaluación de la tripanosomosis causada por trypanosoma vivax en bovinos de Laguneta de la Montaña, estado Miranda.*
Ramírez José, Ibarra Victoria, Chacón Yaremis, Eleizalde Mariana, Tavares Lucinda, Reyna Armando, López Yanina, Mendoza Marta.

• *Sistema piloto para la gestión y el manejo del agua, los residuos sólidos y líquidos y su aprovechamiento. Avance.*
Poleo Germán, Lué Marcó, Piña Rafael, Giordani Lucía, Segura Ynggrid, Torres Gosmyr.

• *Entorno del aprendizaje abierto de*

personas con discapacidad visual y auditiva, mediante el uso de las tecnologías de la información y comunicación.

Carrillo Víctor, Sanabria Zulayma.

• *Evaluación institucional. Una herramienta para la calidad universitaria y su impacto en la sociedad venezolana.*
Perozo Leonor, Páez Haydée, González Marleni.

• *Gestión del conocimiento en cursos basados en la web de la Universidad Nacional Abierta. Un espacio para compartir saberes.*
Moreno Margely.

• *Influencia de la fertilización orgánica sobre el estado nutricional y rendimiento en el cultivo café (coffea arabica l.).*
Ana Quiroz, Isabel Arrieche, Mirna Jiménez.

• *Laboratorio de lengua de señas venezolana-ipmar.a investigación al servicio de la comunidad sorda.*
Zambrano Ludmilan.

• *La integración escuela – comunidad de la urbanización Jorge Hernández. una experiencia a partir del enfoque comunicativo.*
Sáñez Florentino, Reyes Víctor.

• *La transcripción de canciones como ejercicio metalingüístico para el aprendizaje de competencias comunicativas.*
Márquez Migdalia.

• *Material didáctico para la forma-*

ción de entrenadoras y entrenadores deportivos venezolanos.

López de D'Amico Rosa.

•*Resultado científico doctoral aplicable a la transformación universitaria- una estrategia pedagógica para el proceso docente educativo, productivo y de servicio.*
León Zuley.

•*Evaluación de colletotrichum gloeosporioides penz en frutos de lechosa (carica papaya l.) variedad maradol en poscosecha y su efecto sobre algunas características de calidad.*
Castellano Gladys, Núñez-Castellano Karla, Ramírez Raúl y Sindoni María.

•*Proceso de conversión agroecológico para la producción de semilla de papa en la comunidad marajabú, Trujillo State.*
Aboín Beatriz, Meza Norkys, Morros María, Pierre Francis, Marín María.

•*Potencialidad de suelos agrícolas venezolanos para secuestrar carbono.*
Espinoza Yusmary, Malpica Lesly y Mujica Manuel de Jesús.

•*Respuesta del cultivo de maíz a la biofertilización bajo diferentes láminas de riego en el valle de tucutunemo, Estado Aragua.*
Ferrer Jairo, Flores Bestalia, Delgado Leander, Hernández Francisco.

•*Comportamiento del cultivo de yuca clon 12 proveniente de vitroplantas*

y de esquejes, en el Municipio Anzoátegui, Estado Cojedes.

Flores Yadira, Lara Yelitza, La Rosa Carlos, Brett Eduardo.

•*Evaluación clínica asociada a principales hemoparásitos en bovinos del Municipio Libertador, Estado Monagas.*
Gómez Ely, Brito Alfredo, Coronado Luis.

•*Estrategias alimenticias en el manejo de la primera alimentación en coporo (prochilodus mariae) para una producción sustentable.*
Hernández Glenn, González José, Moren Desiree, Hernández Douglas.

•*Evaluación de la tripanosomosis causada por trypanosoma vivax en bovinos de laguneta de la montaña, estado miranda.*
Ramírez José, Ibarra Victoria, Chacón Yaremis, Eleizalde Mariana, Tavares Lucinda, Reyna Armando, López Yanina, Mendoza Marta.

•*Parámetros de calidad de un licor obtenido de pseudofrutos de merey (anacardium occidentale l.), elaborado en inia Anzoátegui.*
Sindoni María, Hidalgo Pablo, Castellano Gladys, Ramírez Raúl, Burgos María.

•*Pueblos indígenas y políticas habitacionales. un balance de la actuación del estado venezolano durante el siglo xx.*
Morillo Alonso, Sáez Elizabeth, Paz Carmen.

•*¿Sabía usted que el cáncer de cuello*

uterino depende del oncogén e6?

Natasha C. Blanco, Danmarys L. Hernández, Jhon F. Cruz, Marco A. Bastidas, Militza Quintero, Adriana Rodríguez, Morelva Toro y Juan Pui.

Vol 2 Nº 3 marzo - 2014.

•*Evaluación de la contaminación causada por metales pesados en suelos agrícolas del Estado Anzoátegui, Venezuela.*

Bastardo Jesús R., Díaz María G., Sánchez Numa E., Astudia Adriana C., Trillos María G.

•*Susceptibilidad a antimicrobianos no betalactámicos de aislados geográficos de corynebacterium pseudotuberculosis, en rebaños caprinos del Estado Falcón.*
Borjas Ángela, Rojas Thomas, Carrero Lilia, Chirino-Zárraga Carmen.

•*Pertinencia de los estilos de aprendizaje en el XXVI Festival Juvenil Regional de la Ciencia - Capítulo Carabobo - seccional Cojedes.*
Bravo Rosa, Basso Sharon, Santana Milagros, Álvarez Ruth, Morales Rosa.

•*Aplicabilidad de las estrategias de integración curricular en educación ambiental en universidades del Estado Zulia.*
Chirinos Egleidy y Finol María.

•*La normalización en latinoamérica en materia de la compatibilidad*

electromagnética.

Tremola Ciro, Azpúrua Marco, Páez Eduardo, Rodríguez Luis, Sánchez Yuande y Moruga Gabriel.

• *Utilización de criterios morfológicos, fisiológicos y bioquímicos en la identificación de carotas tolerantes a estrés hídrico.*

Domínguez Amalia, Pérez Yunel, Rea Ramón, Alemán Silvia, Sosa Maryla, Fuentes Leticia, Darías Rodolfo, Pernía Beatriz, Domínguez Diamarys, Molina y Daynet Sosa Sandy.

• *Caracterización agroclimática de los llanos centrales del Estado Guárico.*

Ferrer Jairo, Hernández Rafael, Valera Angel.

• *Agregados estables y su relación con la conductividad hidráulica saturada en suelos bajo diferentes usos.*

Flores Bestalia, Ferrer Jairo, Cabrales Eliecer.

• *Capacidad antagónica in vitro de trichoderma spp. frente a colletotrichum gloeosporioides causante de la antracnosis en café (coffea arabica l.).*

Gómez Robert, Sanabria Nelly, Pérez Helen.

• *Sistema fitotecnológico de tratamiento de aguas contaminadas provenientes del lago de Valencia.*

Gómez Jully y Suárez Marleny

• *Lignitos nacionales y su posible uso como enmienda orgánica en suelos*

agrícolas.

Lizcano D., Camejo A., Armado A.

• *Insomnio. guía para pacientes.*

Luna César .

• *La etnomatemática. una posibilidad en la perspectiva sociocultural de la educación matemática.*

Martínez Oswaldo.

• *Aislamiento, identificación y capacidad de biorremediación de los géneros bacterianos bacillus, enterobacter y yersinia, provenientes de aguas contaminadas con petróleo.*

Melo Penélope, Araujo Ismenia, Ângulo Nancy, Beltrán Alida.

• *Uso de bioindicadores de contaminación para determinar la calidad del agua en el parque nacional laguna de tacarigua. consideraciones espacio-temporales.*

Malaver Nora, Rodríguez María, Montero Ramón, Aguilar Víctor.

• *Análisis de frecuencias de años secos, utilizando el procesador script rsarflm v.3", con datos climáticos de los llanos de Venezuela.*

Paredes Franklin y Guevara Edilberto.

• *Promoción de estrategias innovadoras lúdicas para la enseñanza de la división en números naturales en la escuela básica Alicia de Medina.*

Peña Aura.

• *Sistematización de procesos para el reconocimiento de series de suelos,*

altiplanicie de Maracaibo, Estado Zulia, Venezuela.

Pineda Neida, Larreal Miguel, Jaimez Edgar, Gómez Ángel.

• *Una propuesta didáctica para la enseñanza del concepto pendiente y ecuación de la recta.*

Rodríguez Yofran.

• *Evaluación del comportamiento agronómico de seis genotipos de tártago (ricinus communis l) en el semiárido falconiano.*

Suárez Luis y Gutiérrez Dilso.

Vol 2 Nº4 abril - 2014.

• *Efectos de la escritura emocional y la musicoterapia pasiva sobre el estrés de las enfermeras psiquiátricas.*

Aguilar Leonardo, Barroeta Glorys, Castellanos Marilyn, Colmenares Diorelis, Hernández Noelia.

• *Concientización sobre el reciclaje, cultura y salud integral en comunidades del Estado Lara.*

Castañeda Mary.

• *Desarrollo de estrategias alternativas para el control de aedes aegypti en el Estado Trujillo.*

Castillo Carmen, Castillo Luis, Sánchez Libert, Villegas Carlos, Guedez Clemencia, Cañizales Luis, Olivar Rafael, Morillo Solbey, Abraham David.

• *Caracterización de cepas de klebsiella pneumoniae productora*

de beta-lactamasa de espectro extenso aisladas de dos unidades de cuidados intensivos.

González Ana, Nieves Beatriz, Solórzano Marisé, Cruz Jhon, Moreno Magaly.

• *Niveles séricos de interleucina 6 en pacientes diabéticos tipo 2 normopesos.*

González Dora, Navas Carlena, Hernández Ana, Villamizar Merlin, González Julio.

• *El perfil sanitario como una herramienta para la gestión de la calidad higiénica e inocuidad de los alimentos (caso: restaurante).*

González, Yuniesky, Palomino Carolina, Calderín, Ariadna.

• *Hipertensión y factores de riesgo asociados.*

Guevara Beatriz, Roa Carmen, Montes Arlenia.

• *Descripción de un foco infeccioso zoonótico en los andes venezolanos.*

Hernández Dalila y Rojas Elina.

• *Modificaciones cardiovasculares y metabólicas maternas secundarias al uso de betametasona para la maduración pulmonar fetal.*

Jiménez Castillejo Keibis, Reyna Villasmil Eduardo, Guerra Velásquez Mery, Ruiz López Yolima, Torres Cepeda Duly, Santos Bolívar Joel, Aragón Charris Jhoan, Mejia Montilla Jorly Reyna Villasmil Nadia.

• *Urbanismos en zonas boscosas como factor de riesgo en salud*

pública.

Jiménez -Javitt Milva, Trujillo Naudy, Cárdenas Elsys, Rodríguez Ricardo, Martín José Luis, Perdomo Rosa.

• *Eroprevalencia de leptospirosis en el Estado Zulia.*

Márquez1 Angelina, Gómez1 María del C., Bermúdez1 Indira, Gotera1 Jennifer, Nardone2 María.

• *Resistencia a antibióticos en aislados ambientales acuáticos de pseudomonas spp.*

Martínez Silvia y Suárez Paula.

• *Apoptosis por tetrahidroquinolinas sustituidas en la línea de cáncer de próstata independiente de andrógenos pc-3.*

Francisco, Benaim, Gustavo.

• *Cuidados espirituales dirigidos a las personas con discapacidad.*

Mendoza Gregoriana, Belloso Vanessa, Graterol Ana., Mendoza Eva.

• *Efecto analgésico de meloxicam y ketoprofeno administrados durante la fase preoperatoria en perros sometidos a orquiectomía.*

Núñez Jorge y Alayón Eunice.

• *Utilización de técnica estadística "agrupamiento en dos etapas" para valoración nutricional en comunidades rurales de Venezuela.*

Rodríguez María del V.

• *Impacto social de los proyectos de extensión del prodinpa-unefm como estrategia de responsabilidad social*

universitaria.

Sarmiento Deyamira

• *El observatorio nacional sobre cambio climático y salud una herramienta de gestión estratégica.*

Vidal Xiomara, Delgado Laura , Aponte Carlos, Ramírez Carlos, Rodríguez Benito, Mora Carmen, González Darío, Larrea Francisco, Oropeza Freddy, Deháys Jorge, Pereira José, Sánchez Juan, Cordova Karenia, Ablan Magdiel, Sanoja María, Pérez Mercedes, Alcalá Pedro.

• *Práctica de valores para mejorar la convivencia entre adultos significativos de niñas y niños hospitalizados.*

Villasmil Teresita y Pasek Eva.

Vol 2 Nº 5 mayo - 2014.

• *La eclosión social y su influencia en las políticas educativas enmarcadas en el siglo XXI.*

Boscan nancy y villalobos magaly.

• *El hipertexto: propuesta para el aprendizaje de nuevos temas.*

Castillo María, Nieves Dorelys, Porras William.

• *El aula: un espacio para el desarrollo de saberes.*

Castro Elizabeth, Clemenza Caterina, Arauj Rubén, Lozada Joan.

• *Unidad de aprendizaje en línea sobre la web semántica y sus aplicaciones.*

Cegarra Joseabel, Serra Luisa, Martínez Marle.

• *Control óptimo para la estabilización de un péndulo invertido rotativo.*

De Pool Sergio, Cañizalez José, Flores Fredniel.

• *Variabilidad espacial y temporal de poblaciones de candelilla aeneolamia varia (hemiptera: cercopidae) en caña de azúcar.*

Figueredo Luis, Andrade Onelia, Cova Jenny, Latiegue Rosa, George José.

• *Uso del agua de riego por aspersión bajo rotación maíz – caraota en un inceptisol del Valle del Tucutunemo.*

Flores Bestalia, Ferrer Jairo, Rincón Carmen, Hernández Francisco.

• *Fraccionamiento físico de la materia orgánica del suelo bajo diferentes usos en la Colonia Tovar, Venezuela.*

Ferrer Jairo, Cabrales Eliecer, Hernández Rosamary.

• *Estudios electroquímicos para la deposición de cugase usando iones citrato como agente complejante.*

Manfredy Luigi, Márquez Olga, Márquez Jairo, Martínez Yris, Balladores Yanpiero, López Santos.

• *Metodología de la enseñanza de la matemática para la educación primaria: un proyecto de diplomado.*

Míguez Ángel, Duarte Ana, Bustamante Keelin.

• *La videoconferencia de hoy como*

una alternativa de interacción y colaboración.

Mogollón Ivory y Silva Kare.

• *Diseño y evaluación de un módulo instruccional digitalizado para el ensamblaje de computadoras en el liceo Bolivariano “Santiago Key Ayala” de Caracas.*

Velásquez Nelson.

• *La música como estrategia para mejorar la comprensión lectora.*

Ojeda de Muriel Norys y Sequera Adriana.

• *Efecto de la poda, fertilización química y orgánica sobre el rendimiento de la cebolla (allium cepa l).*

Oropeza Jheizy y Fuguet Rita.

• *Diseño de un software educativo para el reforzamiento del vocabulario dirigido a los estudiantes del idioma inglés.*

Ortega María.

• *Capacitación tecnológica en aplicaciones ofimáticas para optimizar la gestión a los miembros del consejo comunal “San Francisco” en el Municipio Guanare.*

Pernía de Delfín Félida.

• *Análisis del rendimiento de carne al desposte en las carnicerías del municipio Maracaibo, Estado Zulia.*

Segovia Emma y Albornoz Arlenis.

• *Estrategia para fortalecer modos de razonamiento y asociada capacidad indagatoria en los estudiantes.*

Rojas Sergio y Serrano Orlando.

• *La responsabilidad social como compromiso sustentable para el desarrollo científico en los servicios comunitarios.*

Suárez Mileida.

• *Memorias, saberes ancestrales e identidades en la comunidad de San Isidro, municipio Maracaibo, Estado Zulia.*

Vázquez Belin y Bracho Juan.