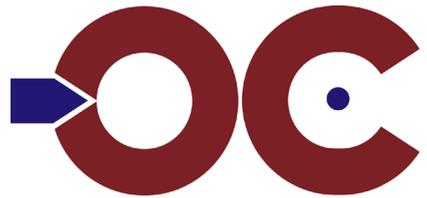


Observador del Conocimiento

Revista Científica



ESCUELA DE AGRICULTURA COMUNAL BEJARANO



Observador del Conocimiento

Vol. 2 N° 3

Espacio abierto para los
Saberes en Ciencia, Tecnología e Innovación

Observatorio Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación

EDITORIAL

Desde el mismo surgimiento de la especie humana, el hombre y la mujer han estado relacionados con las plantas y animales y con sus ciclos biológicos, pasando por un proceso de asociaciones que van desde la fase de caza, pesca y recolección, con el desplazamiento de sus poblaciones, por grandes distancias, en una vida nómada. Con el devenir de los milenios, paulatinamente se desarrolló la agricultura, con la siembra, y una relación tan estrechamente mutualista entre el ser humano y las semillas, que el uno sin el otro no podría sobrevivir. También se fue incrementando la vinculación con un territorio, con su ambiente y su clima, con el establecimiento de sus poblaciones en localidades permanentes. Esta herencia milenaria de la agricultura se fundamenta en el alimento como sustento, cargado de sagrado respeto a la tierra, a los animales y a las plantas. Con esta cosmovisión de la agricultura, no se afecta en mayor medida el ambiente, permitiendo su recuperación y sustentabilidad.

En este proceso de desarrollo de la agricultura, el rol de la mujer como cuidadora de la siembra y protectora de sus semillas, se suma a su visión integral del ser que brota, sustenta y cuida la vida, porque en muchos pueblos originarios, han sido, y siguen siendo, las responsables de la siembra y cuidados de los cultivos, de manera que mucho le debemos a las mujeres originarias, y sus descendientes campesinas. En este marco de ideas Venezuela sigue cumpliendo con los Objetivos del Milenio incorporando a la mujer venezolana a la actividad socioproductiva y muy especialmente en los espacios de la Agricultura Familiar.

Este ha sido el origen de nuestra agricultura familiar, su sentido e importancia, en el espacio entre las viviendas, compañera permanente de la familia y que realmente genera mayor diversidad de alimentos durante todo el período del año. Esta interrelación hogar, familia y agricultura permanente, la convierte en una escuela cercana, necesaria, abierta y popular, sustentadora de vida.

La agricultura familiar, con todo su sentido originario y sustentador, cobra mucha importancia en la actualidad, cuando se ha venido imponiendo el modelo hegemónico de la agroindustria, con la visión rentista, que excluye las familias campesinas e indígenas de la tierra, reemplazados por maquinarias, procurando, sin embargo apoderarse de las semillas, herencia ancestral, para transformarlas en semillas híbridas y transgénicas, “semillas mulas”, a las que se le han quitado la facultad de multiplicarse. Sus patentes comerciales, legalizan el robo. Este modelo agroindustrial ha generado unos 842 millones de personas que sufren de hambre en el mundo, aunque la producción actual supera ampliamente los requerido por la población mundial, representa una de las mayores amenazas al equilibrio ambiental, al explotar la tierra, envenenándola, arrebatándole la vida y desertificando los suelos.

La FAO ha dedicado el año 2014 el año internacional de la agricultura familiar. Pero un año pasa y la vida continúa, por ello debemos darle el significado y la importancia transcendental que tiene la agricultura familiar para la vida humana y la vida sobre la tierra, que no es otra cosa que la agricultura de los pueblos, representando el 98 % de los espacios agrícolas del mundo, que tienen la fuerza de las multitudes, escenario esencial donde se están librando las luchas cotidianas por salvar la vida en el planeta.

Año de la Juventud Bicentenario

“No podemos optar entre vencer o morir ...necesario es vencer”

NELSON DÍAZ



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

“Observador del Conocimiento”

Editor Jefe

Nelson Díaz

Director

Nelson Díaz

Consejo Editor

Marleny Suárez

Janett Ugarte

Felgris Araca

Corrección

Alessio Chinellato

Sonia Rodríguez

Fernando Lozano

Eduardo Lehmann

Concepto Gráfico y Diagramación

Riednollys García

Diseño de Cubierta

Riednollys García

Imagen de Cubierta

Yorsi Hernández Lyon

Imagen de Contracubierta

Riednollys García

Janett Ugarte

Colaboradores de este número

Neyla Mendoza, William Goitía, Karl Pticer, Carlos Hernández

Luis Enrique González

Depósito Legal: pp201402DC4456 ISSN: 2343-6212

“Observador del Conocimiento” es una revista científica arbitrada que cuenta con un Consejo Técnico de Evaluación conformado por un Cuerpo de Árbitros en diferentes disciplinas y áreas de conocimiento con vasta formación académica, experticia técnica y calidad profesional, es editada por el Observatorio Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (Oncti), órgano adscrito al Ministerio del Poder Popular para Ciencia, Tecnología e Innovación (Mppcti).

CONTENIDO

AMBIENTE

- 9 Agregados estables y su relación con la conductividad hidráulica saturada en suelos bajo diferentes usos
Flores Bestalia, Ferrer Jairo, Cabrales Eliecer
- 21 Aislamiento, identificación y capacidad de biorremediación de los géneros bacterianos *bacillus*, *enterobacter* y *yersinia*, provenientes de aguas contaminadas con petróleo
Melo Penélope, Araujo Ismenia, Ángulo Nancy, Beltrán Alida
- 31 Evaluación de la contaminación causada por metales pesados en suelos agrícolas del estado anzoátegui, venezuela
Jesús R., Bastardo G., María G., Díaz T., Numa E., Sánchez D., Adriana C., Astudia G., María G., Trillos
- 41 Lignitos nacionales y su posible uso como enmienda orgánica en suelos agrícolas
Lizcano D., Camejo A., Armado A.
- 51 Sistema fitotecnológico de tratamiento de aguas contaminadas provenientes del lago de valencia
Gómez Jully, Suárez Marleny
- 63 Sistematización de procesos para el reconocimiento de series de suelos, altiplanicie de maracaibo, estado zulia, venezuela
Pineda Neida, Larreal Miguel, Jaimes Edgar, Gómez Ángel
- 75 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
- ## EDUCACIÓN
- 89 Aplicabilidad de las estrategias de integración curricular en educación ambiental en Universidades del estado Zulia
Chirinos Egleddy, Finol María
- 99 La etnomatemática. una posibilidad en la perspectiva sociocultural de la educación matemática
Martínez Oswaldo
- 109 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

-
- 119 Promoción de estrategias innovadoras lúdicas para la enseñanza de la división en números naturales en la e.b. alicia de medina
Peña, Aura
- 167 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

- 129 Una propuesta didáctica para la enseñanza del concepto pendiente y ecuación de la recta
Rodríguez Yofran

SALUD COLECTIVA

- 139 Insomnio. guía para pacientes
Luna César

- 147 Susceptibilidad a antimicrobianos no betalactámicos de aislados geográficos de *corynebacterium pseudotuberculosis*, en rebaños caprinos del estado Falcón
Ángela Borjas, Thomas Rojas, Lilia Carrero, Carmen Chirino-Zárraga

SEGURIDAD Y SOBERANÍA ALIMENTARIA

- 153 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

- 175 Caracterización agroclimática de los llanos centrales del estado Guárico
Ferrer Jairo, Hernández Rafael, Valera Angel

- 187 Evaluación del comportamiento agronómico de seis genotipos de tártago (*ricinus communis* l) en el semiárido falconiano
Suárez Luis, Gutiérrez Dilso

- 197 Utilización de criterios morfológicos, fisiológicos y bioquímicos en la identificación de caraotas tolerantes a estrés hídrico
Domínguez Amalia, Pérez Yunel, Rea Ramón, Alemán Silvia, Sosa Maryla, Fuentes Leticia, Darias Rodolfo, Pernía Beatriz

TELECOMUNICACIONES

- 207 La normalización en latinoamérica en materia de la compatibilidad electromagnética
Tremola Ciro, Azpúrua Marco, Páez Eduardo, Rodríguez Luis, Sánchez Yuande, Moruga Gabriel

AGREGADOS ESTABLES Y SU RELACIÓN CON LA CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA SATURADA EN SUELOS BAJO DIFERENTES USOS

Flores Bestalia¹, Ferrer Jairo¹, Cabrales Eliecer²

¹ CIESA - Universidad Rómulo Gallegos

² Universidad de Córdoba, Montería, Colombia
bestalia.flores@gmail.com,

Resumen

El estudio se realizó en la cuenca “Callecitas”, municipio Juan Germán Roscio, estado Guárico, caracterizada por altas pendientes. Se evaluó la relación entre los agregados estables al agua y la conductividad hidráulica saturada del suelo bajo diferentes usos. Fueron seleccionados diez puntos de muestreo, a tres profundidades, completamente al azar siguiendo un diseño de grandes parcelas bajo los usos: maíz, conuco, hortalizas, ganadería y bosque. Las variables evaluadas fueron: distribución de tamaño de partículas, agregados estables al agua, densidad aparente y porosidad (macro y micro). Se confirmó la normalidad de las variables y se realizó un análisis de varianza (Duncan $p \leq 0,05$). Los suelos son de textura franca ($> 30\%$ de limo). Los agregados estables mostraron diferencias significativas entre los usos, predominando diámetros > 2 mm, siendo los menores valores en maíz y conuco con 58 y 54% respectivamente. En cuanto a la densidad aparente, el conuco y bosque exhibieron los valores más bajos con $1,08 \text{ Mg.m}^{-3}$ (1^{er} horizonte), siendo la máxima para la ganadería con $1,36 \text{ Mg.m}^{-3}$. La conductividad hidráulica fue superior a 2 cm.h^{-1} , solamente la ganadería mostró un valor más bajo en el primer horizonte $0,54 \text{ cm.h}^{-1}$, considerado de alto riesgo en estos suelos con pendiente promedio de 30%. Se concluyó que el uso y manejo del suelo incrementa el potencial de erosión y degradación de los suelos.

Palabras clave: cuenca Callecitas, agregados estables, degradación, manejo del suelo, erosión.

Introducción

La mecanización de las áreas agrícolas provocan el deterioro de la estructura del suelo y en algunos casos, suele inducir a la formación de capas compactas o densas a una profundidad cercana a los 20 cm [Cabria y Culot, (2000); Cabria et al., (2002)]. Como consecuencia de esta capa compacta, se produce el encharcamiento en los suelos cuando el caudal crítico es superado, lo cual sucede cuando la intensidad de aplicación de la lámina de riego o lluvia supera a la conductividad hidráulica saturada (Ks) de la capa del suelo que se está mojando (Aruani y Behmer, 2004).

El movimiento y la disponibilidad del agua y aire pueden estar influenciados por el estado de agregación. La estabilidad de estos agregados depende de la fuerza con que las arcillas y otros componentes inorgánicos del suelo son sorbidos a la materia orgánica particulada, residuos microbianos y otros coloides orgánicos y compuestos de origen microbiano. Bajo este marco conceptual, la naturaleza de la estabilidad de los agregados depende de la relativa cantidad y fuerza de varios tipos de asociaciones órgano-minerales y agentes de enlace [Cabria et al., 2002)]. La conductividad hidráulica de los suelos, es una propiedad que depende no solo de la infiltración, sino del tiempo que el agua dura en la superficie para luego entrar y que se mitigue con ello la escorrentía superficial, transporte de suelo, pesticidas y otros. El conocimiento de la conductividad hidráulica, tanto saturada como no saturada, es necesario

como dato inicial en modelos numéricos para predecir el comportamiento del flujo del agua o fluidos a través del suelo, los cuales se obtienen mediante pruebas de laboratorio y/o campo [Rojas et al., (2008)].

La cuenca de estudio tiene una superficie de 600 hectáreas aproximadamente, es una zona montañosa influenciada por el ascenso orográfico de los vientos cargados de humedad y la exposición de las pendientes (MARNR, 1998). Los suelos se clasifican como moderadamente profundos. La pedregosidad superficial es una característica importante así como las afloraciones rocosas en los sitios de mayor pendiente. Los usos que predominan son la ganadería, monocultivo de maíz, conuco y en los últimos años un incremento significativo de cultivos hortícolas.

Con base en lo anterior, la presente investigación tuvo como objetivo evaluar la estabilidad de los agregados estables al agua y su relación con la conductividad hidráulica saturada en suelos de ladera de la cuenca Callecitas del municipio Juan Germán Roscio, estado Guárico, Venezuela, bajo diferentes usos de la tierra: maíz, conuco, ganadería, hortalizas y bosque.

Materiales y Métodos

El estudio se realizó en la cuenca “Callecitas”, municipio Juan Germán Roscio, estado Guárico, Venezuela, enmarcada en las coordenadas UTM: 664500 – 670000 Este y 1090500 – 1093500 Norte, con precipitación

promedio anual de 1465 mm/año, temperatura y evapotranspiración promedio anual de 22,1 °C y 1302 mm, respectivamente; agroecológicamente, según escala Holdridge, pertenece a un bosque húmedo premontano (MARNR, 1998).

Se utilizó un diseño completamente al azar en parcelas grandes (2000 m²) para los usos: maíz (M), conuco (C), hortalizas (H), ganadería (G) y bosque (B), establecidas en suelos con pendientes alrededor del 30%, por lo que la preparación del terreno para los cultivos de maíz y hortalizas es realizada con arado de tracción animal. En cada sistema de uso se recolectaron 10 muestras de suelo al azar para las tres primeras capas presentes en los 45 cm superiores.

Los agregados estables se determinaron usando la técnica descrita por Yoder (1936) y Pla (1983), pasando los agregados por un tamiz de malla 4 mm de abertura, la densidad aparente, porosidad total, macroporos y microporos fueron determinados por el método del cilindro [Haines, (1930); Blake y Hartge, (1986)], la conductividad hidráulica saturada (Ks) por el método del permeámetro de carga constante (Pla, 1983). Se confirmó la normalidad de las variables y se realizó un análisis de varianza (Duncan $p \leq 0,05$), utilizando el paquete estadístico Infostat [Di Rienzo *et al.*, (2011)].

bajo diferentes usos. La textura del suelo franco a franco limoso fue dominante en todo el perfil y el contenido de arcilla en muchos de los casos, no supera el 10 % (Tabla 1).

Resultados y Discusión

Se encontró predominio de partículas de tamaño limo (>30% de limo) en los suelos

Tabla 1. Propiedades físicas del suelo

USO	Prof. (cm)	A (%)	L (%)	a (%)	Clase	Da	EPT (%)	Macro (%)	Micro (%)	MO (%)
G	0-15	13,5	37,7	48,7	F	1,36 a	61,7 c	11,8 b	49,9 bc	2,4 b
	15-25	17,0	41,0	41,9	F	1,37 a	62,0 ab	10,2ab	51,8 b	1,9ab
	>25	22,9	46,9	30,1	F	1,40 a	61,9 a	8,6 ab	53,2 abc	1,6 a
H	0-15	15,5	35,0	49,3	F	1,20 b	61,7 c	21,3 a	40,4 c	2,1 b
	15-25	18,1	36,4	45,4	F	1,31 a	62,5 ab	12,6 a	50,3 b	1,3 b
	>25	19,0	37,6	43,2	F	1,36 a	57,0 a	10,4 a	46,6 c	0,6 b
M	0-18	23,2	35,3	41,4	F	1,17 b	69,9 b	16, ab	53,8 ab	2,3 b
	18-30	20,6	40,6	38,7	F	1,31 a	73,6 a	8,0 a	65,6 a	2,1 a
	>30	28,2	42,6	29,1	F	1,33 a	72,1 a	6,1 a	66,0 a	1,6 a
C	0-20	15,2	38,2	46,4	F	1,08 b	64,2 bc	21,8 a	42,4 c	1,7 b
	20-32	17,3	39,1	43,4	F	1,25 a	60,9 ab	12, ab	48,9 b	1,4 b
	>32	16,4	37,4	46,0	F	1,26 a	61,7 a	12,4 a	49,2 bc	1,1 b
B	0-20	10,5	51,8	37,6	F	1,08 b	80,9 a	9,1 b	71,7 a	3,1 a
	20-42	16,8	62,6	20,5	FL	1,30 a	62,9 ab	9,5 ab	53,3 ab	1,8ab
	>42	21,4	53,6	24,8	FL	1,30 a	67,2 a	8,0 ab	59,2 ab	1,3ab

G=Ganadería, **H**=Hortalizas, **M**=Maíz, **C**=Conuco, **B**=Bosque, **A**=Arcilla, **L**=Limo, **a**=Arena,

Clase= Clasificación textural USDA, **Da**= Densidad aparente en Mg.m³, **EPT**= Espacio poroso total, **Macro**= Macroporos,

Micro= Microporos, **MO**= Materia Orgánica. Letras distintas difieren significativamente (p<0,05)

No se encontraron valores extremos de densidad aparente en los suelos bajo los diferentes usos, en todos los casos, estuvo por debajo de los $1,4 \text{ Mg}\cdot\text{m}^{-3}$. La baja densidad que se reporta en esta investigación pudiera estar explicada por altos contenidos de calcio y materia orgánica que favorece la agregación del suelo, mejorando con ello la porosidad y la densidad aparente del suelo.

Se encontraron diferencias significativas entre los usos evaluados para el primer horizonte (Tabla 1). El uso ganadería presenta los valores más altos ($1,36 \text{ Mg}\cdot\text{m}^{-3}$), esto puede causar la reducción de la tasa de infiltración y flujo de agua en el suelo, disminuyendo el almacenamiento de agua en los estratos inferiores, lo que aunado a la escasa vegetación estaría generando un impacto directo en el suelo, incrementando la pérdida de suelo por erosión en zonas de altas pendientes. Estos hallazgos coinciden con los reportes de Aruani y Behmer (2004) para suelos agrícolas Argentinos, encontrando que el impacto directo de las gotas de lluvia generaron pérdidas de suelo por erosión, afectando su productividad. En la segunda y tercera capa no se observan diferencias significativas entre los usos, lo que refleja que éstos están afectando, fundamentalmente, los primeros 20 cm de suelo.

El espacio poroso total para los usos evaluados no presenta niveles críticos de poros que pudiesen indicar problemas de infiltración del agua en el suelo y desarrollo de las raíces de las plantas, observándose diferencias significativas ($p \leq 0,05$) entre tratamientos para la primera capa (Tabla 1), presentándose

los valores más altos en el uso bajo bosque seguido de maíz, con valores de 80.9 y 69.9%, respectivamente; mientras que en los usos conuco, ganadería y hortalizas los valores obtenidos son muy similares.

Estos valores sugieren que la vegetación y los residuos en superficie ofrecen protección al suelo frente al impacto de las gotas de lluvias, así como una acción cementante producto de la incorporación de los residuos al suelo, que unido al calcio favorecen la agregación del suelo, mejorando la tasa de infiltración y almacenamiento de agua en el mismo. Por otro lado, en los usos maíz, conuco y hortalizas, el alto porcentaje de porosidad total puede deberse al laboreo del suelo, mientras que en ganadería pudiese existir influencia del pasto, el cual a través de las raicillas está generando una mejor estructuración del suelo mediante la incorporación de materia orgánica, lo cual concuerda con estudios realizados por Lamela *et al.*, (2009) en silvopastorías españolas.

Para el segundo horizonte continúan las diferencias significativas entre los usos (Tabla 1). El uso de maíz presenta los valores más altos de porosidad en relación al resto de los usos; sin embargo, estas diferencias no son significativas. La mayor cantidad de porosidad para maíz puede estar asociada al laboreo del suelo y posiblemente a la presencia de malezas, las cuales a través de las raíces podrían incrementar dicha porosidad.

En el tercer horizonte no se observan diferencias significativas entre los usos (Tabla 1), lo que indica que los usos bajo estudio estarían afectando principalmente los primeros 20 cm de

suelo. Esto concuerda con los resultados obtenidos por Fernández (2004) en cuanto al efecto de la labranza en suelos agrícolas.

En cuanto a la macroporosidad, todos estuvieron por encima del 10% a excepción del bosque (Tabla 1). Los bajos valores de macroporos, en el bosque, pueden estar asociado al alto contenido de limo (> 30 %) que presentan estos suelos, esta información es similar a que reporta Fernández (2004) en suelos de la Estación Experimental de Aragón.

Se aprecian diferencias significativas en la primera capa de suelo para los diferentes usos (Tabla 1). El conuco y hortalizas presentan los valores más altos en macroporosidad, 21,8 y 21,3%, respectivamente; mientras que maíz, ganadería y bosque muestran valores similares (Tabla 1). Es importante resaltar que estos resultados contradicen los valores encontrados por DeMaria *et al.*, (1998) y Corona (1998), quienes al comparar el contenido de macroporos, bajo diferentes usos, encontraron, en suelos de bosque, un mayor contenido de macroporos.

Este contenido de macroporos pudiese influir notablemente en el flujo de agua dentro del perfil, sin embargo, los valores pudieran ser menos críticos en el bosque, ya que la vegetación existente reduciría la velocidad de caída de las gotas de lluvia, mejorando su penetración en el suelo, mientras que en el caso de la ganadería con suelos desnudos, esta condición favorece las pérdidas de suelo por erosión.

En el caso de hortalizas, maíz y conuco altamente mecanizados, la presencia de poros no capilares (> 30 μm de diámetro)

son de alto a muy alto, lo cual puede afectar la retención de agua en el suelo, el anclaje de las plantas haciéndolas más susceptibles a las caídas por los vientos, produciendo el acame de las mismas y reduciendo así la productividad de los cultivos. Esta información concuerda con lo reportado por Martin *et al.*, (2008) quienes manifiestan que el uso de labranza puede favorecer la macroporosidad al inicio del cultivo, pero que usos sucesivos conllevan a su disminución.

En la segunda capa, aún cuando se presentan diferencias significativas para los macroporos (Tabla 1), las mismas no son tan marcadas por lo que se puede decir que los usos están afectando, fundamentalmente, la primera capa de suelo; sin embargo, es importante señalar que el uso bajo maíz es el que presenta los valores más bajos, lo que pudiese sugerir la formación de una posible capa compactada a partir de los 20 cm de profundidad.

En la tercera capa continúan las diferencias significativas entre los usos (Tabla 1). El conuco es el que presenta mayor porcentaje de macroporos; ganadería y hortalizas valores similares y bosque valores intermedios entre estos últimos, y maíz, el cual presenta los valores más bajos. Estos resultados indican que en el caso del uso maíz estaría mostrando tendencia a la compactación de los suelos a partir de la segunda capa. En el caso del bosque, es el suelo donde hay mayor contenido de limo (>50%) y pudiera estar incidiendo en la agregación del suelo, lo cual no es tan evidente en el primer horizonte ya que el contenido de materia orgánica estaría mejorando la

agregación del mismo.

La micropoprosidad del suelo presenta diferencias significativas entre los usos ($p < 0.05$), siendo el bosque el que presenta los valores más altos de microporos (Tabla 1), seguido de ganadería y maíz, mientras que hortalizas presenta los valores más bajos y conuco, valores intermedios, entre ganadería y hortalizas. Esto posiblemente se debe al grado de disturbación a la que es sometido el suelo durante las labores de cosecha. En la segunda y tercera capa de suelo continúan las diferencias significativas entre los usos; siendo el uso maíz el que presente los valores más altos de microporos, seguido del bosque, lo cual favorece la retención y almacenamiento del agua en el suelo garantizando de esa manera la recarga de las fuentes de agua (Tabla 1).

Las diferentes fracciones de agregados estables al agua mostraron diferencias significativas (Tabla 2). Se observa un predominio de macroagregados ($> 0,25$ mm) con respecto a los microagregados ($< 0,25$ mm), predominando los agregados mayores de 2 mm para los distintos usos, donde la ganadería y hortalizas presentan los valores más altos con 75,6 y 70,5%, respectivamente; mientras que el conuco mostró el menor valor con 54,1%. En la medida que se disminuye el diámetro de los agregados (1 – 2, 0,5 – 1 y 0,25 – 0,5 mm) son los usos maíz, conuco y bosque los que presentan los valores más altos. De 1 - 2 mm se puede notar que el bosque suele tener mayor proporción con 15,2% y el menor para ganadería con 5,4% (Tabla 2).

Tabla 2. Agregados estables al agua (AEA)

USO	Prof. (cm)	AEA (%)				
		>2 mm	1–2 mm	0.5–1 mm	0.25– 0.5 mm	<0,25 mm
Ganadería	0 – 15	75,67 c	5,45 a	2,97 a	1,76 a	14,15
Hortalizas	0 – 15	70,48 bc	6,74 a	2,84 a	1,68 a	18,26
Maíz	0 – 18	58,64 a	14,64 b	7,22 b	4,36 b	15,14
Conuco	0 – 20	54,11 a	14,82 b	8,50 b	3,77 b	18,8
Bosque	0 – 20	64,06 ab	15,22 b	7,09 b	3,42 b	10,21

Se observa relación entre las fracciones de agregados estables al agua, de esa manera, en la medida que aumenta una de las fracciones, la otra disminuye o viceversa. Esta relación es mayor entre las fracciones de agregados estables al agua $> 2,0$ mm y $1,0 - 2,0$ mm. Los usos maíz y conuco generaron ligeros cambios en la distribución de tamaño

de agregados estables; sin embargo, la estabilidad estructural de los suelos es alta debido posiblemente al alto contenido de calcio presente en el suelo lo cual estaría favoreciendo la unión de las partículas minerales, aumentando la capacidad de resistencia del suelo al impacto de las fuerzas externas.

En cuanto a la conductividad hidráulica

saturada se observan valores superiores a 2 cm.h^{-1} , en todas las capas y para casi todos los usos, a excepción de ganadería y bosque que presentan valores bajos para el primer horizonte (Figura 1); lo que de acuerdo con Florentino (1998) son muy altos a extremadamente altos. Esto puede comprometer la capacidad de entrada y distribución del agua en

el suelo y con ello el aporte de agua a los acuíferos a través del tiempo, sobre todo porque se trata de una zona de altas pendientes, por lo que se pueden considerar como suelos de alto riesgo a los que hay que manejar con cuidado para mitigar las pérdidas de suelos por erosión (Cabrales, 2008).

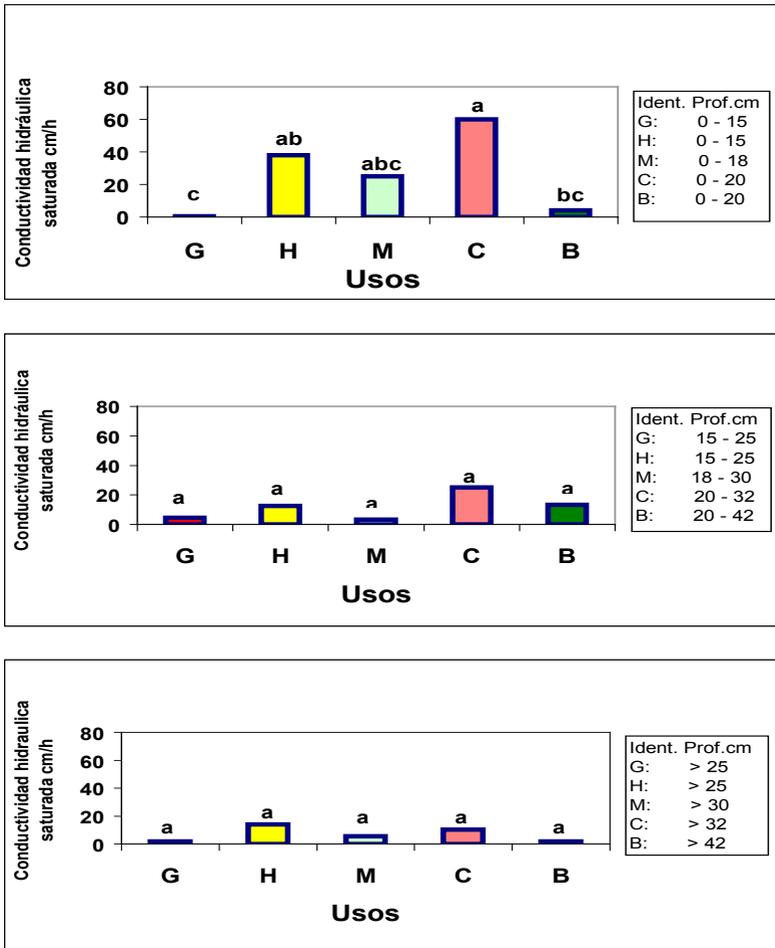


Figura 1. Comparación de medias de la conductividad hidráulica saturada

Se observan diferencias significativas entre los usos en la primera capa (Figura 1), encontrándose que el conuco es el que presenta los valores más altos de conductividad hidráulica saturada (65 cm.h^{-1}), debido a que este uso es sometido a arado con buey y está conformado por maíz y cultivos de raíces (yuca y ocumo) y que al momento de la cosecha requieren de la completa disturbación del suelo. El bosque y ganadería muestran los valores más bajos, $0,5$ y $0,8 \text{ cm.h}^{-1}$, respectivamente, estos valores pueden deberse, en el caso del bosque, al contenido de limo y para ganadería al pisoteo del ganado, lo que pudiera estar impidiendo el paso del agua a través de los poros. Estos resultados son similares a los reportados por Coello *et al.*, (2010) en suelos agrícolas ecuatorianos de distintas granulometrías.

En la segunda y tercera capa no se observan diferencias significativas entre los usos (Figura 1), siendo su valor por debajo de los 20 cm.h^{-1} . Hortalizas, conuco y bosque presentaron los valores más altos de conductividad hidráulica saturada, lo que posiblemente se debe, en el caso de hortalizas al aporque frecuente que se realiza al cultivo, mientras que el conuco está determinado por el tipo de cultivos que lo conforman (maíz, yuca y ocumo), el cual es mecanizado al momento de la siembra causando la desagregación del suelo.

Se evidencia que el uso y manejo del suelo está afectando significativamente la agregación y la permeabilidad de los suelos. Los resultados muestran como

los usos conuco, maíz y hortalizas, sometidos a mecanización, presentan una conductividad hidráulica saturada extremadamente alta ($> 20 \text{ cm.h}^{-1}$), coincidiendo con lo afirmado por Cabria y Culot (2000) y Dornec y Dec (2007) quienes encontraron que la labranza puede incrementar la conductividad hidráulica hasta en un 100% al inicio del cultivo. El uso ganadería y bosque presentaron tendencias similares de conductividad hidráulica saturada. Se puede concluir que el uso y manejo de los suelos está incrementando el potencial de degradación de los suelos, comprometiendo la producción de agua tanto en cantidad como en calidad.

Conclusiones

Los resultados muestran como los usos conuco, maíz y hortalizas, sometidos a mecanización, presentan una conductividad hidráulica saturada extremadamente alta ($> 20 \text{ cm.h}^{-1}$) disminuyendo en profundidad, lo que incrementaría la penetración de agua en la capa superficial incrementando los riesgos de formación de surcos.

En relación al uso ganadería (90% de la cuenca), el sobrepastoreo estaría afectando la macro porosidad, densidad aparente tanto en superficie como en profundidad favoreciendo de igual manera las pérdidas de suelo por erosión. El uso y manejo de los suelos está incrementando el potencial de degradación de los suelos, comprometiendo la producción de agua tanto en cantidad como en calidad.

Referencias Bibliográficas

Alvarado, A.; Forsythe, W. (2009). Variación de la densidad aparente en órdenes de suelo en Costa Rica. *Revista Agronomía Costarricense*: 29(1): 85-94.

Aruani, M.; Behmer, S. (2004). Efecto de la granulometría y la compactación del suelo sobre la distribución de raíces en manzano. *Revista RIA*: 33(2): 43-54.

Cabrales, E. (2008). Introducción a los suelos para la acuicultura. Montería: Centro de publicaciones Universidad de Córdoba. 120pp.

Cabria, F.; Culot, J. (2000). Efecto de la labranza convencional sobre la sortividad y conductividad hidráulica saturada en udosoles del sureste de la provincia de buenos aires. *Revista Ciencia del Suelo* 18 (1): 1-8.

Cabria, F.; Calandroni, M.; Monterubbianesi, G. (2002). Tamaño y estabilidad de agregados y su relación con la conductividad hidráulica saturada en suelos bajo labranza convencional y praderas. *Revista Ciencia del Suelo* 20(2): 69-80.

Coello, C., De Bièvre, B., Pacheco, E. y Cisneros, P. (2010). Análisis de métodos de estimación de la conductividad hidráulica saturada en suelos degradados. Cuenca: Universidad de Cuenca. 16p.

Corona, A. (1998). Soil quality indicators for evaluating soil degradation in the river watershed, Venezuela. Tesis inédita de Maestría. Universidad de Cornell. USA. 150 pp.

Demaria, I; Viera, S.; Dechen, S. (1998). Assessment of soil quality usin parameter indicators. En 16° Congreso Mundial de la Ciencia del Suelo. Montpellier. Francia. 3 pp.

Dornec, J.; Dec, D. (2007). La

permeabilidad del aire y conductividad hidráulica saturada como herramienta para la caracterización funcional de los poros del suelo. *Revista científica de suelos y nutrición vegetal*: 7(2): 1-13.

Fernández, M. (2004). Efectos del laboreo sobre las propiedades hidrofísicas y balance hídrico del suelo durante el periodo de barbecho de una rotación cebada-barbecho en condiciones de secano semiárido del centro de Aragón. Tesis Ph.D. conservación de suelos. Universitat de Lleida. 160pp.

Florentino, A. (1998). Guía para la evaluación de la degradación del suelo y de la sostenibilidad del uso de la tierra: Selección de indicadores físicos. Valores críticos. Instituto de Edafología. Facultad Agronomía. Maracay. 9 pp.

Flores, B. (2006). Impacto de los sistemas de producción agrícola sobre la calidad de suelo para la producción sostenible de agua y su relación con los riesgos de desertificación en la Subcuenca “Callecitas” del Río “El Castrero”, Estado Guárico. (Tesis inédita de Doctorado), Facultad Agronomía de la Universidad Central de Venezuela, Maracay, Venezuela. 144p.

Lamela, L.; López, O.; Sánchez, T.; Díaz, M.; Valdés, R. (2009). Efecto del sistema silvopastoril en el comportamiento productivo de vacas Holstein. *Revista Pastos y Forrajes*: 32(2): 1-12.

Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales Renovables. (1998). Zonificación agroclimática del Estado Cojedes y del Estado Guárico. Dirección general sectorial de información e investigación del ambiente. Dirección de Hidrología y Meteorología. División de estudios e investigación. Caracas. Vol.

1B. 140 pp.

Martín, J.; Adema, E.; Aimar, S.; Babinec, F. (2008). Efecto del rolado sobre propiedades fisicoquímicas del suelo en el Ecotono Caldenal - Monte Occidental. Publicación técnica No. 76. Buenos Aires: E.E.A. INTA Anguil. 30pp.

Pérez, R.; Bracho, A.; Domínguez, C. (2007). Caracterización físico ambiental del municipio Juan Germán Roscio del estado Guárico Venezuela, área piloto en la creación de indicadores de sostenibilidad en espacios rurales iberoamericanos. i seminario de

cooperación y desarrollo en espacios rurales iberoamericanos. Sostenibilidad e indicadores. Almería, 16-17 Octubre, 2007. 60pp.

Petróleos de Venezuela, Sociedad Anónima/ Instituto de Tecnología Venezolana para el Petróleo (2000). Léxico estratigráfico de Venezuela, [en línea], de <http://www.pdv.com/lexico/lexico.htm>

Rojas, L.; Rojas, H.; Menjívar, J. (2007). Estimación de la conductividad hidráulica saturada in situ en un suelo tratado con vinaza. Revista Acta agronómica. 57(2): 12-17.

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
Laboratorio de Microbiología Industrial, CIA, LUZ
melo.penelope@gmail.com

Resumen

Empleando aguas petrolizadas se realizó un estudio que contempló aislamiento bacteriano, identificación taxonómica y determinación de la capacidad bacteriana para utilizar derivados del petróleo (diesel). Inicialmente, tomando como criterio de selección la morfología celular y afinidad tintorial, el aislamiento permitió la obtención de quince cepas bacterianas, las cuales fueron sometidas a una prueba preliminar selectiva con Diesel, reduciendo el grupo de estudio a ocho, y luego identificadas mediante el software ABIS 7 como: *Bacillus filicolonicus* PM5 (99%) y PM7 (91%); *Bacillus subtilis* PM8 (81%); *Enterobacter sakazakii* PM27 (85%); *Bacillus mycoides* PM29 (87%); *Yersinia aleksiciae* PM30 (82%) y PM32 (83%), además de *Bacillus pumilus* PM37 (92%). El grupo fue evaluado para medir su crecimiento, utilizando hidrocarburos. Se emplearon envases volumétricos aforados (matraces de 250 mL) que contenían MMM 94% + Inóculo 5% + Diesel 1%. Al término de esta fase, las cepas bacterianas presentaron un crecimiento en el siguiente orden: PM30, PM8, PM27, PM37, PM7, PM32, PM5 y PM29, alcanzando en el día sesenta densidades poblacionales de 2159, 1560, 1479, 1393, 1051, 1061, 784 y 719x10⁶ UFC/mL, respectivamente. El análisis estadístico demostró un efecto significativo en relación al crecimiento bacteriano $p = 0,000000607$ ($p < 0,05$), indicando que existen diferencias entre los títulos celulares, como producto de las capacidades metabólicas particulares codificadas en el genoma de cada bacteria.

Palabras clave: *Bacillus filicolonicus*, *Bacillus subtilis*, *Enterobacter sakazakii*, *Bacillus mycoides*, *Yersinia aleksiciae*, Biorremediación.

Introducción

La vida en el planeta se sustenta por un balance biológico frágil, ya que los microorganismos juegan un rol crucial en el desarrollo sustentable de la biósfera y los ciclos biogeoquímicos. Las bacterias, las cuales se originaron hace más de tres mil millones de años, han logrado desarrollar estrategias para obtener energía a partir de cualquier compuesto. La abundancia de los microorganismos, junto con la habilidad de transferencia horizontal de genes y sus elevadas tasas de crecimiento, les ha permitido evolucionar rápidamente y adaptarse a condiciones ambientales de naturaleza cambiante, así como también en aquellos de condición extrema que no permiten la proliferación de otros organismos vivientes (Díaz, 2004). Por lo tanto, los microorganismos adaptando éstas habilidades se han convertido en una influencia importante dentro del sistema ecológico, ya que una gran variedad ha demostrado capacidades de transformación y degradación de muchos tipos de poluentes en diferentes componentes del medio físico natural, entre ellas, el agua [Ilyina *et al.*, (2003)]. El petróleo es una mezcla compleja de hidrocarburos que, cuando es empleado como combustible o como materia prima en la industria petroquímica, se convierte en una parte indispensable de la sociedad moderna. Sin embargo, cuando es descargado al ambiente, puede ocasionar daños extensos y significativos en los ecosistemas locales, ya que la acumulación de estos poluentes

en tejidos de plantas y animales puede conllevar a la muerte de la progenie o aparición de mutaciones. Por su parte, los microorganismos sobreviven en dichos ambientes contaminados debido a su capacidad metabólica de utilizar estos contaminantes como fuentes potenciales de energía. Hace varias décadas se conoce acerca de la susceptibilidad a la descomposición microbiana de los hidrocarburos gaseosos, líquidos y sólidos en las series alifáticas, olefinicas y nafténicas. Cientos de especies de bacterias, hongos y levaduras representan más de 30 géneros descritos involucrados en el ataque a los hidrocarburos y se hallan ampliamente distribuidos en la naturaleza [ZoBell, (1946); Brown, (1987)].

La biorremediación en ambientes acuáticos y terrestres se ha convertido en una tecnología eficiente, con un rango de ventajas en comparación a los métodos tradicionales, ya que es un proceso que explota las habilidades enzimáticas de los organismos vivientes para promover la tasa de destrucción del poluyente, constituyendo una herramienta importante para mitigar la contaminación ambiental por hidrocarburos del petróleo [Madigan *et al.*, (2000); Toledo *et al.*, (2006)].

El objetivo de esta investigación fue realizar el aislamiento bacteriano, la identificación taxonómica y la determinación de la capacidad bacteriana para la biodegradación de los derivados del petróleo, particularmente el diesel, en función de la biorremediación de ambientes acuáticos.

Materiales y Métodos

Aislamiento bacteriano y prueba preliminar selectiva con diesel

El aislamiento de cepas bacterianas se realizó tomando 10 mL del agua petrolizada, adicionándolo en 90 mL de Solución Salina Peptonada (SSP); a partir de la cual se prepararon diluciones seriadas hasta 10^{-8} en SSP. De cada dilución se transfirieron ansadas a placas de Agar Trypticasa de Soya (ATS) por estría; seguidamente, las placas fueron incubadas a 37° C por un lapso de 24 horas. Al cabo del período de incubación se seleccionaron aquellas colonias macroscópicamente diferentes (tamaño, color, forma) y luego cada colonia aislada fue transferida varias veces, por rayado, en placas de ATS e incubadas nuevamente a 37° C por 24 horas hasta verificar la pureza del cultivo por mantenimiento del fenotipo morfológico [Madigan *et al.*, (2000); Prescott *et al.*, (2004)].

Con el objeto de realizar una selección preliminar de cepas degradadoras de hidrocarburos, una vez aisladas fueron sometidas a una prueba para determinar su capacidad de crecimiento en diesel, la cual consistió en la siembra de las cepas en tubos de ensayo que contenían Medio Mínimo Mineral (MMM) al 5% compuesto por NH_4Cl , KNO_3 , $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, Na_2SO_4 , MgSO_4 , K_2HPO_4 , $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ [Jobson *et al.*, (1972)] y Diesel al 0,5%, los tubos fueron incubados durante 16 días a 37° C [Mestre *et al.*, (2007)]; posteriormente fueron seleccionadas las cepas objeto de estudio, tomando como criterio la determinación del crecimiento bacteriano por espectrofotometría a

540 nm [Gamazo *et al.*, (2005); Uaboi-Egbenni *et al.*, (2010)]. La morfología de las cepas aisladas se determinó según la caracterización macromorfológica sugerida por la literatura [Seeley y Vandemark, (1973); Kerr, (1981)]. La micromorfología de cada cepa se determinó utilizando la Tinción de Gram en cultivos de 24 horas [Madigan *et al.*, (2000)].

Identificación taxonómica

La herramienta empleada para la identificación bacteriana fue el *software online* denominado *Advanced Bacterial Identification Software* (ABIS © 2007-2014) que emplea como criterio características morfológicas y bioquímicas propias de cada cepa bacteriana, las cuales fueron introducidas en la base de datos, arrojando en cada caso un grupo de cinco especies bacterianas con los porcentajes de probabilidad correspondientes.

Estudio de factibilidad del crecimiento bacteriano utilizando diesel como sustrato carbonado y fuente de energía

Una vez aisladas y seleccionadas las cepas bacterianas, fueron activadas tomando ansadas de los cultivos y transferidas a tubos con Caldo Trypticasa Soya (CTS); luego, se incubaron a 37° C por 24 horas. Al cabo de este período, los cultivos se transfirieron a matraces de 250 mL, conteniendo 100 mL de CTS, para obtener la amplificación de la biomasa. Se realizaron contajes diarios mediante la técnica de contaje en placa vertida hasta alcanzar un crecimiento bacteriano de 1×10^8 células/mL [APHA *et al.*, (2005)]. Estos cultivos constituyeron el inóculo del estudio de factibilidad para evaluar el crecimiento

bacteriano, utilizando diesel como sustrato carbonado y fuente de energía. El diseño experimental del estudio de factibilidad consistió en la inoculación de cada cepa bacteriana en matraces Erlenmeyer de 250mL, que contenían 94% p/v de Medio Mínimo Mineral (MMM) [Jobson *et al.*, (1972)]; 1% v/v de la fuente carbonada (diesel) y 5% v/v del inóculo bacteriano; como grupos control se prepararon matraces con MMM 95% + Inóculo bacteriano al 5%. Todos los tratamientos se evaluaron por triplicado. Finalmente los matraces se colocaron en una incubadora donde se mantuvieron a 37° C, en agitación constante a 120 rpm por 8 semanas, período durante el cual se realizaron los análisis microbiológicos cada 15 días,

determinando el crecimiento bacteriano por placa vertida [APHA *et al.*, (2005)].

Resultados y Discusión

Aislamiento bacteriano y prueba preliminar selectiva con diesel

Mediante la técnica de rayado y transferencia en placas, se obtuvo el aislamiento de treinta y ocho cepas bacterianas a partir del agua petrolizada. De acuerdo con la caracterización macromorfológica y micromorfológica se seleccionaron quince cepas bacterianas, las cuales fueron sometidas a una prueba preliminar selectiva en diesel con la finalidad de seleccionar las cepas bacterianas capaces de crecer en dicho sustrato, tomando como criterio el desarrollo de mayor turbidez.

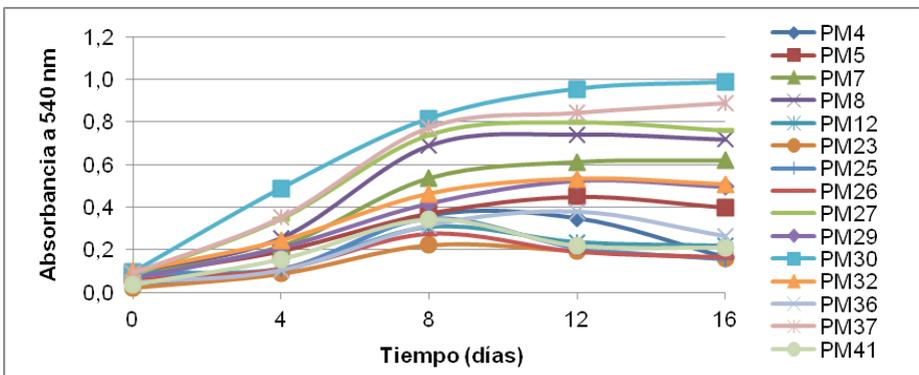


Figura 1. Crecimiento bacteriano en diesel determinado por espectrofotometría a = 540 nm.

En la Figura 1, se observa el patrón de crecimiento bacteriano durante la prueba preliminar con diesel al 0,5%. Es notable la presencia de curvas con una cinética de crecimiento ausente de fase de adaptación, ya que las cepas fueron sembradas en fase exponencial y tenían previa exposición a hidrocarburos dadas

las condiciones de contaminación previa del agua, permitiendo el desarrollo de fases exponenciales tempranas, seguido de fases estacionarias estables y en algunos casos fases de declinación definidas. Adicionalmente, cabe destacar que se desarrollaron dos tipos de cinética de crecimiento definidos entre las ocho

primeras cepas (PM30, PM37, PM27, PM8, PM7, PM32, PM29, PM5) con respecto a las siete restantes (PM36, PM4, PM41, PM25, PM12, PM26 y PM23), lo cual se utilizó como criterio para la selección de las cepas bacterianas más eficientes que utilizaban el diesel como fuente de carbono y energía que fueron empleadas durante el estudio de factibilidad.

Se observó que las ocho primeras cepas presentaron curvas caracterizadas por fases exponenciales con pendientes pronunciadas registrando valores máximos de absorbancia de 0,800; 0,742; 0,613; 0,533; 0,523 y 0,450 para PM27, PM7, PM8, PM32, PM29 y PM5, respectivamente a los doce días, seguidamente se observó el comienzo de la fase estacionaria hasta el final del experimento. Para las dos cepas restantes, PM30 y PM37, se obtuvieron valores máximos de absorbancia de 0,986 y 0,890, respectivamente, observándose que la fase exponencial se extendió progresivamente desde el inicio hasta el final del experimento, en el día dieciséis. En contraste, el grupo de las siete restantes presentaron una cinética con fases exponenciales menos pronunciadas y más cortas, registrándose valores máximos de absorbancia de 0,377; 0,363; 0,341; 0,347; 0,306; 0,276 y 0,223 para PM36, PM4, PM41, PM25, PM12, PM26 y PM23, respectivamente.

En un estudio similar, se determinó el crecimiento bacteriano en queroseno por espectrofotometría a 600 nm, empleando cuatro cepas aisladas de una fosa petrolizada designadas como *Yersinia* sp. K6, *Pantoea agglomerans* K3, *Sphingobacterium thalophilum* K2 y *Actinobacillus* sp. H7, reportando valores de absorbancia máxima de 1,653; 0,732; 0,328 y 0,567 para las cepas K6, K3, K2 y H7 al alcanzar los días 9, 18, 6 y 36, respectivamente (García, 2007). En otro estudio, se observó el crecimiento de *Pseudomonas*, *Aeromonas*, *Chromobacterium*, *Corynebacterium* y *Bacillus* en petróleo Bonny Light al 1%, por absorbancia a 600 nm, registrándose valores medio de absorbancia de 0,105; 0,105; 0,105; 0,09 y 0,08, respectivamente [Uaboi-Egbenni *et al.*, (2010)].

Identificación taxonómica

El análisis de las pruebas bioquímicas y morfológicas mediante ABIS 7, mostró que 5 cepas correspondieron al género *Bacillus*, arrojando los siguientes porcentajes máximos: PM5 – *Bacillus filicolonicus* (99%); PM7 – *Bacillus filolonicus* (91%); PM8 – *Bacillus subtilis* (81%); PM29 – *Bacillus mycoides* (87%) y PM37 – *Bacillus pumillus* (92%), (Figura 2).

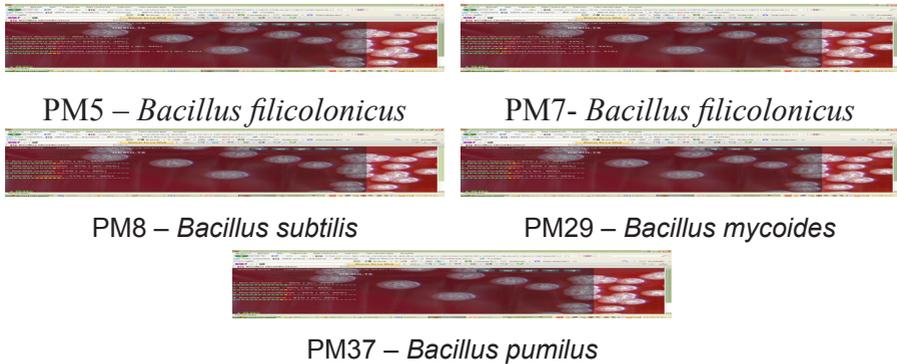


Figura 2. Especies bacterianas pertenecientes al género Bacillus

Los miembros del género *Bacillus* se hallan ampliamente distribuidos en la naturaleza y han sido reportados en numerosas investigaciones relacionadas con la degradación de hidrocarburos del petróleo. Durante un estudio, se utilizaron tres cepas del género *Bacillus* de suelos contaminados con hidrocarburos, designadas como S3.2, 063 y 113i, capaces de crecer empleando crudo, benceno, tolueno, etilbenceno, *o*-xileno y octanol [Ghazali *et al.*, (2004)]. En otra investigación, se aisló una cepa identificada como *Bacillus*

sp. SV9, la cual fue capaz de degradar aproximadamente el 59% de los hidrocarburos presentes en sedimentos contaminados con crudo al cabo de un período de 5 días a 30° C [Verma *et al.*, (2006)].

El análisis de las pruebas bioquímicas y morfológicas mediante ABIS 7, mostró que dos cepas correspondieron al género *Yersinia*, arrojando los siguientes porcentajes máximos: PM30 – *Yersinia aleksiciae* (82%); PM32 – *Yersinia aleksiciae* (83%), (Figura 3).

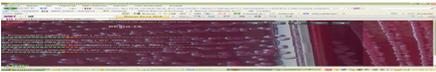


Figura 3. Especies bacterianas pertenecientes al género Yersinia

El género *Yersinia*, pertenece a la familia de las Enterobacterias y ciertas especies han sido reportadas en trabajos relacionados con ambientes impactados con petróleo. A partir de una fosa petrolera inactiva, se aisló una cepa identificada como *Yersinia* sp. K6, la cual mostró capacidad para crecer en queroseno como única fuente de

carbono y energía (García, 2007). Otros investigadores, empleando especies de plantas no asociadas a ambientes con antecedentes de contaminación petrolera lograron aislar la cepa *Yersinia rohdei* LR03, la cual mostró un crecimiento significativo en placas de agar con petróleo al 1% al cabo de 7 días [Ibrahim *et al.*, (2008)].

El análisis de las pruebas bioquímicas y morfológicas mediante ABIS 7, mostró que una cepa correspondió al género *Enterobacter*, arrojando el siguiente porcentaje máximo: PM27 – *Enterobacter sakazakii* (85%), (Figura 4).



PM27 – *Enterobacter sakazakii*

Figura 4. Especies bacterianas pertenecientes al género *Enterobacter*

Igualmente, las especies del género *Enterobacter* pertenecen a la familia de las Enterobacterias y también ha sido reportado su aislamiento a partir de ambientes acuáticos y terrestres contaminados con derivados del petróleo. A partir de cepas bacterianas aisladas de suelos contaminados con petróleo, se aisló la cepa *Enterobacter* sp. 214-6, la cual fue capaz de crecer en naftaleno. Posteriormente, se reportó una cepa de *Enterobacter cloacae*, capaz de crecer en gasoil tolerando un rango de concentración del 1 a 8% [Narváez-Flórez *et al.*, (2008)].

Estudio de factibilidad del crecimiento bacteriano utilizando diesel como sustrato carbonado y fuente de energía

La densidad poblacional de las cepas bacterianas inicialmente osciló entre

143 y 193×10^6 UFC/mL y al final estuvo entre 719 y 2159×10^6 UFC/mL. Las cepas presentaron el crecimiento en el siguiente orden decreciente: *Yersinia aleksiciae* PM30, *Bacillus subtilis* PM8, *Enterobacter sakazakii* PM27, *Bacillus pumilus* PM37, *Bacillus filicolonicus* PM7, *Yersinia aleksiciae* PM32, *Bacillus filicolonicus* PM5 y *Bacillus mycoides* PM29, alcanzando en el día sesenta densidades poblacionales de 2159, 1560, 1479, 1393, 1051, 1061, 784 y 719×10^6 UFC/mL. El análisis estadístico demostró un efecto significativo en relación al crecimiento bacteriano $p = 0,000000607$ ($p < 0,05$), indicando que existen diferencias entre los títulos celulares, como producto de las capacidades metabólicas particulares codificadas en el genoma de cada bacteria.

En la Figura 5 puede observarse el patrón de crecimiento de las cepas estudiadas en presencia de diesel durante un período de 60 días, presentando curvas con una típica cinética de crecimiento caracterizada por la presencia de la fase exponencial y estacionaria pero carente de la fase adaptativa, ya que las cepas fueron inoculadas en fase exponencial e inicialmente fueron adaptadas al sustrato, igualmente no hubo fase de declinación ya que continuaron los incrementos celulares moderadamente hasta el final del experimento y éste ocurrió antes del agotamiento del sustrato carbonado.

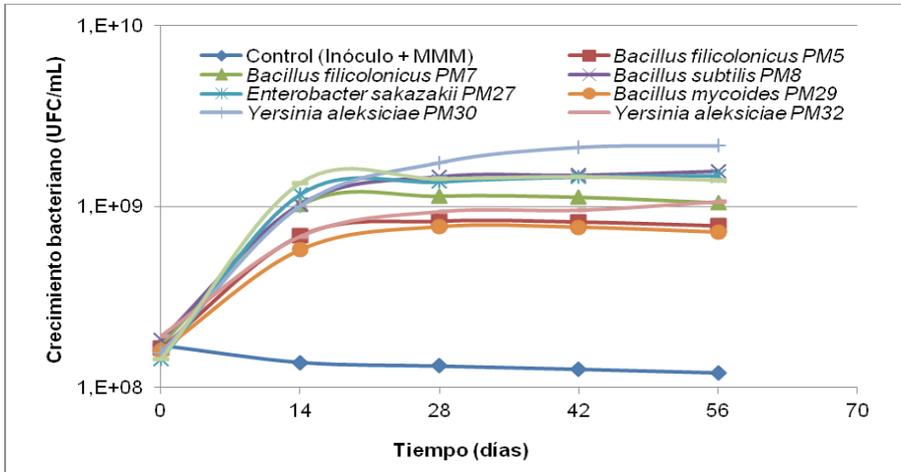


Figura 5. Crecimiento bacteriano empleando diesel al 1% como fuente de carbono y energía

Las cepas *Bacillus pumilus* PM37, *Enterobacter sakazakii* PM27, *Yersinia aleksiciae* PM30, *Bacillus subtilis* PM8 y *Bacillus filicolonicus* PM7, registraron fases exponenciales con el mayor incremento de células/mL, en comparación con las cepas *Yersinia aleksiciae* PM32, *Bacillus filicolonicus* PM5 y *Bacillus mycooides* PM29, seguidamente se inició la fase estacionaria donde el crecimiento alcanzó un equilibrio; sin embargo, continuaron registrándose incrementos celulares moderados entre las diferentes cepas.

A diferencia del patrón de crecimiento descrito anteriormente, en una investigación similar empleando un cultivo mixto de dos bacilos Gram negativos designados como DBT2 y E3 utilizando gasoil al 5% como fuente de carbono y energía, se observó en las curvas de crecimiento, fases de adaptación cortas (alrededor de dos

días), con fases exponenciales muy marcadas, seguidas de un descenso violento de crecimiento hasta el final del experimento, sin fase estacionaria (Rondón, 2000).

En condiciones similares de laboratorio, y empleando cepas aisladas de un suelo contaminado con rípios de perforación, se aplicó un ensayo de factibilidad con gasoil como fuente de carbono, obteniendo patrones de crecimiento bacteriano con fases de latencia ausente, fases exponencial y estacionaria de alrededor de cinco días cada una, posteriormente comenzó la fase de muerte debido a una caída brusca del crecimiento. Reportaron cinco cepas como las más eficientes en la degradación del gasoil designadas como: *Yersinia* sp. MI-1; *Aeromonas* sp. MI-16; *Actinobacillus* sp. MI-11, MI-14 y MI-18 [Araujo *et al.*, (2004)].

Conclusiones

Se logró el aislamiento y caracterización de las cepas bacterianas identificadas dentro de los géneros *Bacillus*, *Yersinia* y *Enterobacter*, provenientes de aguas contaminadas con petróleo.

En el estudio de factibilidad, todas las cepas demostraron capacidad para crecer en presencia de diesel como fuente de carbono y energía, condición que permite considerar a estos microorganismos para futuros estudios de biorremediación de aguas contaminadas con hidrocarburos.

Agradecimiento

Los autores agradecen al Centro de Investigación del Agua de la Universidad del Zulia, por facilitar materiales y equipos necesarios para el desarrollo de las actividades de trabajo, así como también a la empresa PDVSA por el financiamiento de una parte de la investigación.

Referencias Bibliográficas

Advanced Bacterial Identification Software (ABIS) © (2007-2014), [en línea]. http://www.tgw1916.net/bacteria_logare.html

APHA, AWWA, WEF. (2005). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. American Public Health Association. 21va Edición. Washington DC, USA.

Araujo, I.; Angulo N.; Cárdenas, C.; Méndez, M.; Morante, M.; Machado, M. (2004). Biorremediación de suelos con consorcio bacteriano, compostaje y fertilización. Boletín del Centro de Investigaciones Biológicas. 38 (3): 186-202.

Brown, L. (1987). Oil degrading microorganisms. Chemical Engineering Progress. 83 (10): 35-40.

Díaz, E. (2004). Bacterial degradation of aromatic pollutants: a paradigm of metabolic versatility. International Microbiology. 7: 173-180.

Gamazo, C.; Lopez-Goñi, I.; Díaz, R. (2005). Manual Práctico de Microbiología. Editorial Masson. Tercera Edición. Barcelona, España. 264 pp.

García, M. (2007). Crecimiento bacteriano en queroseno de cepas aisladas de una fosa petrolera. Trabajo de Grado para optar al título de Licenciada en Biología. Universidad del Zulia. Maracaibo-Venezuela. 91 pp.

Ghazali, F. M.; Rahman, R. N.; Salleh Z. A.; A. B., Barsi, M. (2004). Biodegradation of hydrocarbons in soil by microbial consortium. International Biodeterioration & Biodegradation. 54: 61-67.

Ibrahim, M. L.; Ijah, U. J. J., Manga, S. B., Rabah, A. B. (2008). Occurrence of hydrocarbon utilizing bacteria in the rizhosphere of Eucalyptus camaldulensis, Lablab purpureus and Moringa oleifera. International Journal of Pure and Applied Sciences. 2 (3): 21-26.

Ilyina, A.; Castillo, M. I.; Villareal, J. A.; Ramírez, G.; Candelas, J. (2003). Isolation of soil bacteria for bioremediation of hydrocarbon contamination. Moscow University Chemistry Bulletin. 44 (1): 88-91.

Jobson, A.; Cook, F.; Westlake, D. (1972). Microbial utilization of crude oil. Applied Microbiology. 23 (6): 1082-1089

- Kerr, T. (1981). Applications in general microbiology: A laboratory manual. Second Edition. Hunter Publishing Company. Georgia, EEUU. 224 p.
- Madigan, M.; Martinko, J.; Parker, J. (2000). Biología de los microorganismos. Prentice Hall. Madrid, España. 1089 p.
- Mestre, M.C.; Vázquez, S.C.; Ruberto, L.; Mac Cormack, W.P. (2007). Identificación de los componentes cultivables del consorcio bacteriano degradador de hidrocarburos M10. Actas del VI Simposio Argentino sobre Investigaciones Antárticas. Instituto Antártico Argentino. Argentina. p 5.
- Narváez-Flórez, S.; Gómez, M. L.; Martínez, M. M. (2008). Selección de bacterias con capacidad degradadora de hidrocarburos aisladas a partir de sedimentos del Caribe Colombiano. Boletín de Investigaciones Marítimas y Costeras. 37 (1): 61-75.
- Prescott, L. M.; Harley, J. P.; Klein, D. A. (2004). Microbiología. 5ta Edición. MacGraw-Hill. Madrid, España. 1147 pp.
- Rondón, M. (2000). Estudio de la compatibilidad de crecimiento de un cultivo mixto bacteriano para la biodegradación del gasoil. Trabajo de Grado para optar al título de Licenciada en Biología. Universidad de los Andes. Mérida, Venezuela. 55 p.
- Seeley, H.; Vandemark, P. (1973). Manual de Laboratorio para Microbiología. Microbios en acción. Editorial Blume. Barcelona, España. 361 pp.
- Toledo, F. L.; Calvo, C.; Rodelas, B.; González-López, J. (2006). Selection and identification of bacteria isolated from waste crude oil with polycyclic aromatic hydrocarbons. Systematic and Applied Microbiology. 29: 244-252.
- Uaboi-Egbenni, P.O.; Amud, O. O.; Okolie, P. N.; Bisi-Johnson, M.; Akinyemi, O. (2010). Post-impact studies of an inland oilfield in South-Western Nigeria: A bacteriological perspective. Middle-East Journal of Scientific Research. 6 (3): 230-238.
- Verma, S.; Bhargava, R.; Pruthi, V. (2006). Oily sludge degradation by bacteria from Ankkleshwar, India. International Biodeterioration & Biodegradation. 57: 207-213.
- ZoBell, C. E. (1946). Action of microorganisms on hydrocarbons. Bacteriology Reviews. 10 (1-2): 1-49.

EVALUACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN CAUSADA POR METALES PESADOS EN SUELOS AGRÍCOLAS DEL ESTADO ANZOÁTEGUI, VENEZUELA

Bastardo Jesús R.¹, Díaz María G.¹, Sánchez Numa E.¹, Astudia Adriana C.¹,
Trillos María G.²

¹Laboratorio de Suelos, Plantas y Agua, INIA-Anzoátegui

²Instituto Politécnico José Antonio Anzoátegui

jbastardo@inia.gob.ve

Resumen

La contaminación ambiental causada por agentes químicos potencialmente tóxicos, constituye en la actualidad un interés y conlleva a la preocupación por la evaluación de la calidad del suelo. Sin embargo los estudios sobre calidad de suelos tienden a no incluir la concentración de los metales pesados. El objetivo de este trabajo consistió en evaluar la contaminación ambiental en función del contenido extraíble de Cu, Fe, Mn, Zn, Ni, Cd y Pb (método de Mehlich 1), a 0-20 cm de profundidad, en 18 muestras de suelos seleccionadas aleatoriamente en el Laboratorio de Suelos del INIA-Anzoátegui, procedentes de 18 unidades de producción agrícola del Municipio Miranda, del estado Anzoátegui. Los resultados indican que existe cierta homogeneidad de los contenidos extraíbles de los metales pesados Fe, Cu, Mn, Zn, Pb y Ni en los suelos estudiados; las únicas variaciones se observaron en el contenido de Pb para el Fundo El Palmar ($Pb > 5 \mu\text{g/g}$). En cuanto al Cd, en todos los fundos, excepto El Pasaje, Vivoral y Zamorana, los valores encontrados ($Cd > 1 \mu\text{g/g}$) superan los contenidos máximos admisibles establecidos por la legislación vigente (decreto 2635,1998). Estos resultados reflejan el potencial indicativo del uso del suelo en la evaluación de la calidad ambiental, sin embargo, se requiere continuar con un monitoreo de metales pesados en la zona.

Palabras clave: Calidad ambiental, calidad de suelo, contenidos extraíble, valores máximos permisibles.

Introducción

La contaminación ambiental es un problema que ha afectado, afecta y continuará incidiendo en la vida cotidiana de los pobladores urbanos y rurales. El estudio de la contaminación de suelos con metales pesados es de gran interés, porque es en el suelo donde se inicia la incorporación del elemento a la cadena trófica y donde es más factible evitar su acumulación en los alimentos y los posteriores efectos en la salud humana. Los contenidos en metales pesados del suelo están íntimamente relacionados con la composición de la roca madre, que representaría el punto de partida de los niveles edáficos de metales que son consecuencia del desarrollo y evolución del suelo; sin embargo en suelos de uso agrícola la concentración de estos elementos puede ser incrementada por la adición de diversos tipos de sustancias que los contienen en mayor o menor proporción, como resultado de impurezas en los fertilizantes aplicados (Kabata, 1995). Otras fuentes incluyen el uso de lodos como enmienda orgánica, la aplicación de residuos sólidos urbanos y el transporte de partículas de la atmósfera (Alloway, 1995; Föstner, 1995).

Una vez depositados en el suelo, los metales pesados tienden a mantenerse en horizontes superficiales retenidos bajo formas diversas. Cuando ocupan posiciones de intercambio catiónico son extraíbles por las plantas y pueden constituir un grave problema de contaminación ambiental. Por otra parte, variaciones en las condiciones del medio, como el pH, dan lugar a modificaciones en la proporción de formas solubles. Por sus características geográficas y

climáticas, el municipio Miranda del estado Anzoátegui es considerado un polo de desarrollo agrario de importancia estratégica para el país, por tener uno de los acuíferos subterráneos más grandes de Venezuela y Latinoamérica y por su potencial en la producción de rubros agrícolas tales como: cereales, soya, frutales, raíces y tubérculos, además de contar con un alto potencial ganadero. La producción de estos rubros agrícolas, requieren de aplicaciones elevadas de fertilizantes y agroquímicos en particular de pesticidas, especialmente en la producción hortícola y cerealera. Como consecuencia de la agricultura intensiva a la que se ven sometidos estos suelos agrícolas, con una utilización masiva de productos agroquímicos y el uso de abonos orgánicos sin tratar, se originan una serie de factores de riesgo que incluyen: la contaminación de las aguas subterráneas a causa de la infiltración de esos productos hacia las capas profundas del suelo, debido su textura arenosa; contaminación de los suelos por metales pesados, la presencia de residuos químicos en los alimentos y una contaminación orgánica persistente. Además, la proximidad de las zonas industriales a las poblaciones y la dispersión de pequeñas industrias en las zonas agrícolas, pueden estar condicionando un incremento de elementos tóxicos y contaminantes que requieren una evaluación. En función de lo expuesto surge la necesidad de evaluar la contaminación ambiental causada por la disponibilidad de metales pesados en suelos agrícolas del municipio Miranda, estado Anzoátegui, Venezuela.

Materiales y Métodos

Se seleccionaron 18 muestras de suelos tomadas a una profundidad de 0-20cm y representativas de las unidades de producción: Fundo el Palmar, Fundo Agua Clara, Fundo Cajobal, Fundo Yopales, Fundo Bare, Fundo Mucura, Fundo Paso Bajito, Fundo 19 de Abril, Fundo el Corozo, Fundo Pariaguan, Fundo el Pasaje, Fundo Atipirire, Fundo Vivoral, Fundo Bajo Limo, Fundo Zamorana, Fundo el Caobo, Fundo el Dorado, Fundo Hamaca, de productores del municipio Miranda de la zona Sur del Estado Anzoátegui, enviadas al laboratorio de suelos, para su análisis con fines de fertilidad. Los métodos de análisis implementados fueron los siguientes: i) Extracción de los elementos con solución extractora de Mehlich n°1 (extracción doble-ácido) para hierro (Fe), cobre (Cu), manganeso (Mn), cinc (Zn), níquel (Ni), cadmio (Cd) y plomo (Pb) y su determinación por Espectrofotometría de Absorción Atómica de llama (EAA-Llama); ii) método potenciométrico para medir el pH en una relación suelo:agua 1:2,5 ; iii) determinación del contenido de materia orgánica por el método de combustión húmeda (Walkley y Black Modificado), iv) textura por el método de Bouyoucos, v) capacidad de intercambio catiónico (CIC) por el método de acetato de amonio 1N a pH 7; todas estas metodologías estandarizadas se aplicaron de acuerdo al manual de suelos para diagnóstico de fertilidad de Gilabert, *et al.*, (1990). Se realizaron 3 repeticiones para cada uno de los análisis realizados a cada muestra.

Resultados y Discusión

Los contaminantes en suelos y sedimentos se pueden hallar en seis formas diferentes (Rulkens *et al.*, 1995) como partículas (contaminantes particulados), como películas líquidas, adsorbidos, absorbidos, disueltos en el agua intersticial de los poros, o como fases sólidas en los poros, por lo que la movilidad de un metal depende no sólo de su especiación química, sino de una serie de parámetros del suelo tales como pH, materia orgánica, capacidad de intercambio catiónico y minerales de la arcilla, así, no todos los cationes de cambio están igualmente disponibles, sino que depende del mineral o minerales de los que están formando parte como complejo de cambio.

Los suelos analizados de los fundos seleccionados pertenecen a tres grandes grupos de suelo Kandistul, Haplustox, Quarzipsament (Mogollón y Comerma, 1994) y tienen como características en común: el tipo de textura (gruesa), la cual posee un contenido mayor de 70 % de arena y bajos contenidos de arcilla y limo, el pH moderadamente ácido (4,7-6,4 unidades de pH), baja capacidad de intercambio catiónico y contenido de materia orgánica bajo (< 1,50), excepto en el fundo Vivoral, en el que el nivel es medio (Gilabert, *et al.*, 1990) (tabla 1), lo que desfavorece la disponibilidad de los elementos trazas en el suelo (Greger, 1999).

Los metales pesados analizados se pueden dividir en dos grupos: esenciales (micronutrientes) y no esenciales (sin función biológica). Dentro del primer grupo, están los micronutrientes esenciales para plantas y para la

salud humana (Fe, Cu, Mn y Zn). Estos metales pesados esenciales son requeridos por las plantas en cantidades pequeñas; por lo que pueden llegar a ser tóxicos para las plantas y los seres vivos si su contenido se encuentra sobre cierto umbral (Schauss, 1995; Adriano, 2001). Al segundo grupo pertenecen él Ni, Cd y Pb. La presencia de estos metales pesados en determinadas cantidades en seres vivos lleva aparejadas disfunciones en el funcionamiento del organismo, son altamente tóxicos, y se acumulan en organismos vivos (Adriano, 2001).

En la tabla 2, se observan las concentraciones promedios ($\mu\text{g/g}$) disponibles de los metales pesados Fe, Mn, Zn y Cu en los suelo agrícolas estudiados, las cuales se encuentran dentro de los valores máximos recomendados para suelos agrícolas (Solórzano, 2001). En cuanto a las concentraciones promedios ($\mu\text{g/g}$) de los metales Ni, Cd y Pb (tabla 3), se observa que las concentraciones de Ni y Pb están dentro del rango máximo permisible según la legislación vigente, la única variación se observó en el contenido de Pb para el Fundo El Palmar ($\text{Pb} > 5 \mu\text{g/g}$). A pesar de que en la mayoría de los suelos estudiados las concentraciones de Ni y Pb, no rebasaron los límites considerados como normales para suelos no contaminados, existe un riesgo potencial de contaminación, que se manifestaría a medida que se modificaran las propiedades edáficas que determinan la solubilidad y disponibilidad de estos metales para la planta, tales como el pH, el contenido de materia orgánica, la estructura y la actividad biológica entre otras. Los cambios en el pH propician

la formación de diferentes especies químicas, como complejos de hidróxidos y carbonatos (Petrovic *et al.*, 1999).

En relación al contenido de Cadmio (Cd) en estos suelos (tabla 3) tomando como referencia que Emsley (2003) señala que los suelos tienen un contenido muy variable de este elemento, pero en promedio hay una concentración natural de $1 \mu\text{g/g}$, podemos señalar que la mayoría de los fundos, superan los contenidos máximos admisibles establecidos por la legislación vigente con valores de $\text{Cd} > 1 \mu\text{g/g}$ (decreto 2635,1998). Esto significa que la mayoría de los suelos bajo estudio, pertenecientes todos a un mismo municipio, presentan niveles importantes de contaminación por Cd, con la excepción de los suelos de los fundos El Pasaje, Vivoral y Zamorana, los cuales presentan valores menores al permisible.

La existencia de suelos con valores mayores al permisible, puede ser una consecuencia de la agricultura intensiva que se realiza en la zona, por el empleo en forma prolongada de fertilizantes y plaguicidas, que pudieran contener algunos de los elementos como Cd y Pb, así como fungicidas a base de arseniatos, lo que provocaría un incremento del nivel de metales en el suelo. Otra fuente de contaminación sería la aplicación de residuos como enmiendas o acondicionadores, por ejemplo, los compost de residuos sólidos urbanos, que pueden contener Cd, Ni y Pb debido principalmente, a desechos metálicos domésticos (pilas, pinturas, termómetros, entre otros). En ambos casos se manifiestan riesgos potenciales de contaminación por estos elementos en

los suelos estudiados con consecuencias desfavorables para la salud humana y los acuíferos de la zona.

Tabla 1. Textura y valores promedio de pH, % Materia Orgánica y Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) en los suelos estudiados.

Ubicación	Textura	pH	M.O (%)	CIC cmol(+)kg-1
Fundo el Palmar	a.F	5,5	0,82	1,80
Fundo Agua Clara	a.F	6,4	1,48	1,88
Fundo Cajobal	a.F	5,2	1,48	2,03
Fundo Yopales	a	5,5	1,47	1,80
Fundo Bare	a	5,6	0,76	1,80
Fundo Mucura	a.F	5,4	0,87	1,90
Fundo Paso Bajito	a	5,6	0,94	1,60
Fundo 19 de Abril	F.a	5,5	1,19	1,41
Fundo el Corozo	a.F	4,7	1,61	1,25
Fundo Pariaguan	a	6,2	1,49	0,82
Fundo el Pasaje	F.a	6,0	1,56	1,02
Fundo Atipirire	a.F	5,9	1,37	1,13
Fundo Vivoral	a.F	5,8	1,74	0,80
Fundo Bajo Limo	a.F	5,2	0,83	0,89
Fundo Zamorana	a	5,9	0,94	1,80
Fundo el Caobo	a.F	5,8	1,34	1,25
Fundo el Dorado	a	5,5	1,00	1,20
Fundo Hamaca	a	4,9	0,82	0,80

Tabla 2. Concentraciones de Fe, Mn, Zn y Cu en los suelos estudiados.

Ubicación	Fe*	Mn*	Zn*	Cu*
	µg/g			
Fundo el Palmar	8,13	1,8	10,0	0,14
Fundo Agua Clara	20,28	10,7	3,26	0,46
Fundo Cajobal	3,40	5,54	0,67	0,39
Fundo Yopales	13,13	25,76	0,2	0,15
Fundo Bare	6,52	5,09	0,22	0,18
Fundo Mucura	16,50	7,03	0,31	0,16
Fundo Paso Bajito	13,58	3,09	0,41	0,21
Fundo 19 de Abril	10,57	11,85	3,84	0,48
Fundo el Corozo	12,85	11,37	0,57	0,57
Fundo Pariaguan	19,34	3,04	0,22	0,16
Fundo el Pasaje	15,04	6,5	0,59	0,25
Fundo Atipirire	9,89	7,95	0,24	0,20
Fundo Vivoral	12,32	4,2	2,87	0,31
Fundo Bajo Limo	6,69	8,48	0,19	0,22
Fundo Zamorana	9,44	9,78	0,48	0,16
Fundo el Caobo	5,70	6,4	0,28	0,37
Fundo el Dorado	18,97	8,06	1,17	0,34
Fundo Hamaca	7,62	5,3	0,49	0,18

*Valores máximos recomendados para suelos agrícolas expresados en µg/g: Fe= 200; Cu= 5; Zn= 20; Mn= 100. (Solórzano, 2001)

Tabla 3. Concentraciones de Ni, Cd y Pb en los suelos estudiados.

Ubicación	Ni		Cd		Pb	
	µg/g		µg/g		µg/g	
	suelos estudiados	máx. permisible	suelos estudiados	máx. permisible	suelos estudiados	máx. permisible
Fundo el Palmar	0,42		2,86		6,74	
Fundo Agua Clara	1,19		2,93		3,24	
Fundo Cajobal	0,62		2,88		1,86	
Fundo Yopales	0,19		2,98		1,32	
Fundo Bare	0,17		2,95		1,48	
Fundo Mucura	0,2		2,92		1,98	
Fundo Paso Bajito	0,3		2,82		1,38	
Fundo 19 de Abril	2,16		2,89		2,11	
Fundo el Corozo	0,81		2,91		1,84	
Fundo Pariaguan	0,12		2,85		1,36	
Fundo el Pasaje	0,39		0,42		1,47	
Fundo Atipirire	0,56		2,88		1,65	
Fundo Vivoral	0,79	5	0,50	1	2,19	5
Fundo Bajo Limo	0,84		2,93		0,62	
Fundo Zamorana	0,44		0,60		2,20	
Fundo el Caobo	0,57		2,94		1,71	
Fundo el Dorado	0,44		2,91		2,05	
Fundo Hamaca	0,56		2,85		2,20	

Comparando los resultados con otros de suelos tropicales latinoamericanos, diremos que los valores alcanzados para los metales pesados son superiores a los observados por Davies *et al.* (1999) en 162 suelos estudiados a lo largo de Venezuela. Otros autores (Wilcke *et al.*, 1998), al estudiar el contenido de metales pesados en 16 suelos de Costa Rica con cultivo del café y con bosques naturales encontraron valores todavía menores a los hallados en Venezuela. La excepción fue el Cu, más elevado que el que se encontró en Venezuela y también en los suelos de Pedernales.

Conclusiones

Los contenidos disponibles de los metales pesados Fe, Cu, Mn y Zn en los suelos agrícolas analizados están dentro de los valores máximos recomendados para suelos agrícolas.

Pb y Cd fueron los metales pesados con mayor concentración por encima del límite máximo permisible de acuerdo a la normativa ambiental vigente.

Los niveles de Pb y Cd en los suelos analizados, pueden representar un riesgo de contaminación ambiental a mediano plazo, ya que son bioacumulables.

Recomendación

La contaminación ambiental causada por metales pesados constituye un problema grave a nivel mundial, dada las repercusiones que ésta tiene, es por ello que se deben hacer esfuerzos para perfeccionar las técnicas que permitan mejorar la detección de agentes contaminantes y monitorear constantemente los ecosistemas sujetos

a impactos ambientales causados por agentes químicos, con el fin de tomar las medidas preventivas, y trabajar en programas de educación con los productores orientados a la concientización de las consecuencias que trae el uso indiscriminado de fertilizantes, agroquímicos y abonos orgánicos sin tratamiento.

Referencias Bibliográficas

- Adriano, D. (2001). *Trace Elements in Terrestrial Environments. Biogeochemistry, Bioavailability and Risk of Metals*. Second Edition. New York: Springer-Verlag
- Alloway, B. J. (1995). *The origins of heavy metals in soils*. En: B. J. Alloway (ed.). *Heavy Metals in Soils*. Blackie Academic and Professional. London: CRC Press.
- Davies B.E, Bifano C, Phillips K. M, Mogollon J. L, & Torres M. (1999). Aqua regia extractable trace elements in surface soils of Venezuela. *Revista Environmental Geochemistry and Health*, 21: 227-256.
- Decreto N° 2.635. (1998). Normas para el Control de la Recuperación de Materiales Peligrosos y el Manejo de los Desechos Peligrosos. *Gaceta Oficial N° 5.245 Extraordinario del 3 de Agosto*, Caracas, Venezuela.
- Emsley, J. (2003). *Natures Building Blocks an A-Z Guide to the Elements*. New York: Oxford University Pres.
- Föstner, U. (1995). *Land contamination by metals: global scope and magnitude of problem*. En: Allen, H. E.; Huang, C. *Metals Stress in plants*. Germany: Springer-Verlag.
- Gilabert, J; I. López y R. Pérez. (1990).

- Manual de Métodos y Procedimientos de Referencia*. Maracay: FONAIAP. Serie D. N° 26.
- Greger, M. (1999). *Metals availability and bioconcentration in plants*. In: Prasad, M., and J. Hagemeyer (eds). Heavy metals in soils. En: B. J. Alloway (eds.), *Heavy Metals in Soils*. London: Blackie Academia and Professional.
- Kabata, A. (1995). *Agricultural problems related to excessive trace metal contents of soils*. En: W. Salomons, U. Förstner and P. Mader, (eds.), *Heavy metals problems and solutions*. Berlin: Springer-Verlag.
- Mogollón, L. y J. Comerma. (1994). *Suelos de Venezuela*. Palmaven. Petróleos de Venezuela, C. A. Caracas: Exlibris
- Petrovic, M.; Kastelan, M y Horvat, J. (1999). Interactive sorption of metal ions and humic acids onto mineral particles. *Revista, Water, Air and Soil Pollution*, 111 (1-4):43-56.
- Rulkens, H., Grotenhuis, J. y Tichy, R. (1995): *Methods for cleaning contaminated soils and sediments*. In “Heavy Metals”, W. Salomons, U. Förstner & P. Mader. Berlin: Springer-Verlag.
- Solórzano, R. (2001). *Manual para la Fertilización de Cultivos en Venezuela*. Cagua, Aragua. Venezuela: Agroleña, C.A.
- Schauss, A. (1995). *Minerals, Trace Elements and Human Health*. Washington: Life Science Press.
- Wilcke, W., Kretzschmar, S., Bundt, M., Saborio, G., & Zech, W. (1998). Aluminum and heavy metal partitioning in a horizons of soils in Costa Rican coffee plantations. *Revista Soil Science*, 163: 463-471.

LIGNITOS NACIONALES Y SU POSIBLE USO COMO ENMIENDA ORGÁNICA EN SUELOS AGRÍCOLAS

Lizcano¹ D., Camejo² A., Armado¹ A.

¹Facultad Experimental de Ciencias y Tecnología (UC)

²Productos Minerales de Venezuela C.A.

Resumen

El objetivo de esta investigación es determinar las características físicas, químicas y microbiológicas de dos lignitos nacionales, con fines de uso como enmienda orgánica en suelos agrícolas. Los materiales a ser analizados provienen de Lobatera, estado Táchira; identificándose como lignito A (LA) y Lignito B (LB). A ambos se les realizaron los siguientes tipos de análisis: contenido de humedad, por el método gravimétrico (15,8% para LA y 9,8 para LB), contenido de carbono orgánico (% de CO), por el método de Walkley-Black (47% para LA y 38% para LB), capacidad de intercambio catiónico (CIC), por método de NH₄OAc, a pH 7 (51 y 35 Cmol/kg lignito en LA y LB, respectivamente), actividad microbiológica mediante respiración (3 y 2.9 mgCO₂/kg lignito/días). Se realizó el fraccionamiento de la materia orgánica usando NaOH como extractante. Los ácidos húmicos (AH) extraídos se purificaron y luego se caracterizaron, determinando el contenido de grupos carboxílicos y fenólicos; luego por espectroscopia infrarroja (IR) y ultravioleta visible (UV) se obtuvieron espectros IR y relación E4/E6. Se observó que los AH contienen menor carácter aromático en comparación con otros lignitos debido a que poseen una relación E4/E6 un poco alta, siendo 5,7 para el LA y 5,8 para LB. De acuerdo con los resultados obtenidos, el lignito A presentó mayor contenido de CO y una elevada CIC. Se concluye que dicho material puede ser utilizado como enmienda en el mejoramiento de la fertilidad natural de los suelos agrícolas en Venezuela

Palabras clave: lignitos, enmienda orgánica, suelos agrícolas.

Introducción

Los suelos agrícolas venezolanos en general poseen bajo contenido de materia orgánica, por lo que es necesario utilizar enmiendas orgánicas para incrementarla. El lignito es una roca de origen sedimentario formada en su mayor parte por materia orgánica de origen vegetal, siendo sus componentes principales los ácidos húmicos (Referencia bibliográfica).

El lignito además de aportar materia orgánica a los suelos pudiera proveerlos de otras características importantes, como aumento de la capacidad de retención de humedad, mejoramiento de la textura, aumento de la capacidad de intercambio catiónico, entre otras propiedades (Humitech, 2005).

Actualmente el lignito utilizado en Venezuela es importado de otros países lo cual acarrea altos costos de importación y traslado; no obstante, en el país existen yacimientos naturales de esta roca, localizados en el municipio Lobatera, estado Táchira.

Con el fin de dar uso al lignito venezolano, nace el interés de estudiar la composición de muestras extraídas de las canteras de Lobatera, estado Táchira. Por ello se propuso un proyecto donde se estudiará el uso de lignitos como enmiendas orgánicas en suelos agrícolas. Como primera etapa, se planteó este trabajo de investigación donde se realizó la caracterización de dos lignitos, posteriormente se realizará el estudio de los efectos de la aplicación de lignito en suelos agrícolas, evaluando propiedades químicas y bioquímicas.

La caracterización de lignitos, así como de otras rocas de origen vegetal como

las leonarditas, debe estar conformado al menos por un análisis básico, análisis elemental y un análisis estructural. Adicionalmente, se planteó en esta investigación el análisis estructural (mediante espectroscopía IR y UV-visible) y la determinación de parámetros claves para el posible uso de lignitos como enmiendas orgánicas, como lo son la capacidad de intercambio catiónico (CIC) y la actividad microbológica (mediante respiración). Esta investigación proporcionará información importante para el mejoramiento de suelos agrícolas, lo que se traduce a un avance en la agricultura venezolana.

Materiales y Métodos

Se analizaron dos lignitos identificados como lignito A (LA) y lignito B (LB), triturados y tamizados hasta 1 mm, ambos provenientes de Lobatera estado Táchira, Venezuela, suministrados por la empresa PROMIVECA.

Análisis Básico

Se realizaron según norma ASTM D3172. Se determinaron porcentajes de humedad residual (ASTM D-3173, 105°C, peso constante), cenizas (ASTM D-3174, 750°C, 6 h), materia volátil (ASTM D-3175, 950°C, 6 min) y carbono fijo (ASTM D-3172, por diferencia).

Análisis elemental

El carbono presente en las muestras de lignito Walinga et al., (1992), se determinó mediante el método de oxidación vía húmeda planteado con ácido sulfúrico y dicromato de potasio (método Walkley y Black, 1936 modificado por Walinga et al., (1992).

Para la determinación de nitrógeno se utilizó el Método de Kjeldahl (siguiendo la norma ASTM 5373).

Análisis molecular

Se realizó la extracción y el fraccionamiento químico de las sustancias húmicas (SH) por medio del procedimiento descrito por Ciavatta (1991), utilizando hidróxido de sodio como extractante, obteniéndose las fracciones de ácidos húmicos (AH), ácidos fúlvicos (AF), sustancias no húmicas (SNH). A la fracción de AH se le estimó el contenido de grupos fenólicos y carboxílicos mediante el número de neutralización utilizando la metodología descrita por Ritchie y Perdue (2003) donde una solución de AH se le ajusta el pH a 3 y luego se realiza una titulación potenciométrica con hidróxido de sodio.

Análisis estructural

Para realizar el análisis estructural la fracción de AH fue previamente purificada, dializando con una membrana de PM (6000-8000) sumergida en agua, por último las soluciones de AH dializadas se sometieron a un proceso de liofilización para obtener los AH en estado sólido (con el menor cambio estructural posible).

El análisis estructural se realizó obteniendo los espectros UV-visible que se realizaron con porciones de AH en solución de NaHCO_3 . Las relaciones E_4/E_6 se obtuvieron midiendo la absorbancia de las soluciones de ácidos húmicos en NaHCO_3 a 465 y 665nm (Kononova, 1966). Adicionalmente, se obtuvieron los espectros IR a través de pastillas de AH en KBr.

Parámetros para el posible uso del lignito en el mejoramiento de suelos

La capacidad de intercambio catiónico (CIC) se determinó por el método del acetato de amonio (Schollenberger y Simon, 1945). La actividad microbiológica de los lignitos se determinó mediante la respiración basal durante un periodo de incubación de 34 días siguiendo el procedimiento descrito por Anderson (1982).

Resultados y Discusión

Los resultados del análisis básico (humedad, cenizas, materia volátil y carbono fijo) de las muestras de lignitos en estudio (LA y LB) se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Análisis básico de lignitos

Análisis	LignitoA(%)	LignitoB(%)	Método ASTM
HumedadResidual	15,8±0,2	9,8±0,1	D 3173-02
Cenizas (Base Seca)	22,2±0,1	16,7±0,1	D 3174-04
MateriaVolátil (Base Seca)	23,8±0,1	20,8±0,1	D 3175-04
CarbonoFijo(Base Seca)	54,0±0,1	62,6±0,1	D 3172-02

Ramos (2000) publicó un estudio que realizó con 10 tipos de lignitos comerciales de diferente origen y procedencia reportando intervalos de humedad de 14-35 %. Se observa que la humedad de LA (15,8%) se encuentra dentro de este intervalo. Por otro lado, LB presentó un porcentaje de humedad (9,8%) fuera de ese intervalo, lo que indica que pudiera ser un lignito de un origen de formación diferente al LA, aunque sean del mismo lugar de procedencia, y a los estudiados por el mismo autor, en su caso pudieron haber intervenido menores cantidades de agua en su formación. Las cenizas son un producto de la combustión, es decir un residuo de la calcinación de minerales y sales existentes en el lignito (ASTM). El LA contiene mayor cantidad de cenizas que LB, esto indica que el primero contendrá una cantidad mayor de materia inorgánica disponible que puede ser importante para la nutrición de las plantas. El siguiente parámetro estudiado fue la materia volátil. Este porcentaje representa el desprendimiento gaseoso de la materia orgánica durante el

calentamiento (ASTM). El LA contiene mayor porcentaje que el LB, esto indica que el LA debe contener mayor cantidad de materia orgánica. Adicionalmente, se calculó el carbono fijo, el cual representa la parte no volátil. Es de esperarse que este porcentaje sea mayor para LB, ya que los porcentajes de cenizas y materia volátil resultaron menores en este lignito que en LA. En general, puede decirse que los análisis básicos del lignito nos dan información acerca de la cantidad de materia orgánica (MO), inorgánica y humedad que contiene los materiales en estudio y nos demuestra que los lignitos estudiados, a pesar de proceder del mismo lugar, presentan características diferentes. Como análisis elemental del material se propuso determinar la cantidad de carbono y nitrógeno contenido en las muestras. En los resultados del porcentaje de carbono orgánico, se observó que LA contiene un valor de (47 ± 1) % el cual es mayor al que presenta LB, siendo este de (38 ± 2) %. Estos resultados muestran que A contiene mayor cantidad de MO disponible (Tabla 2).

Tabla 2. Análisis elemental de lignitos

Análisis	LignitoA(%)	LignitoB(%)
Carbono	47±1	38±2
Nitrógeno	0,93	0,93

Según la Fundación Americana de Carbón (ACF, 2005) el porcentaje de carbono en los lignitos se encuentra entre un 25-35%, sin embargo los lignitos estudiados están por encima del intervalo mencionado. Esto podría representar una

ventaja al aplicar estos lignitos en suelos agrícolas, como una enmienda orgánica, debido a que al proporcionar una mayor cantidad de MO, se puede optimizar la estructura y permeabilidad de un suelo y con ello se aumenta el desarrollo vegetal

(Varanini y Pinton, 1995). Los análisis de nitrógeno realizados en el Laboratorio de Carbón y Coque del Instituto Zuliano de Investigaciones Tecnológicas (INZIT), reportaron valores de 0,93 % de N (Tabla 2), evidenciándose que la cantidad presente en las muestras es alta, en comparación con los valores indicados para distintos tipos de lignitos (0,08- 0,26 % N) (Ramos, 2000). En

general, la baja cantidad de nitrógeno que poseen los lignitos se debe a que el proceso de humificación natural que sufren hace descender la concentración de N en su seno (Varanini y Pinton, 1995). Tras realizar el fraccionamiento se pudo calcular el % de carbono en cada fracción (SH, AH, AF y SNH) (Tabla 3).

Tabla 3. Fraccionamiento del carbono orgánico en los lignitos

Lignito	%SH	%AH	%AF	%SNH
LA*	33±1	30±2	1,7±0,1	0,9±0,1
LB*	29±2	28±1	1,3±0,1	0,5±0,1
Lignitos comerciales**		11-22,8	8,6-20,7	0,7-5,9

*Valores obtenidos en esta investigación; **Reportados por Ramos (2000)

Se observó que ambos lignitos están formados fundamentalmente por AH, presentando niveles muy bajos de la fracción fúlvica y la no húmica. El alto % de AH obtenido en los lignitos representa una ventaja de gran importancia para usos agrícolas, debido a que los AH son quienes cumplen las principales funciones, como lo es el aumento de la CIC y de la actividad microbiológica. Se observa que los AH son más abundantes en los lignitos de este estudio que en lignitos comerciales reportados (Ramos, 2003). El alto porcentaje de AH presente concuerda con lo reportado por Franco y Bañón (1998) y Stevenson (1994),

donde se explica que en materiales muy evolucionados como los lignitos, predominan los AH y prácticamente sin presencia de sustancias no húmicas como proteínas y mucopolisacáridos. Se estimó el número de grupos carboxílicos (R-COOH) y grupos fenólicos (Ar-OH) para ello se calculó la acidez aportada por el contenido de grupos carboxílicos (pH 8) y el contenido de grupos fenólicos (pH entre 8 y 10). Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 4, los cuales se encuentran entre los intervalos reportados por Ritchie y Perdue (2003), para ácidos húmicos de diferentes procedencias.

Tabla 4. Números de neutralización en lignitos

Lignito	Grupos carboxílicos (mmol/g)	Grupos fenólicos (mmol/g)
LA	7,10±0,02	3,30±0,03
LB	7,50±0,04	3,30±0,02
RitchiePerdue(2003)	7,1-15,2	1,8-4,2

Las sustancias húmicas, en este caso los AH de los lignitos, influyen en el balance del pH de los suelos. En el caso de los suelos ácidos, los ácidos húmicos promueven la neutralización de los mismos, este aumento en el pH reduce el daño que causa el ácido en las raíces, también promueve la inmovilización de elementos nocivos para las plantas. De esta manera la toxicidad existente en los suelo se reduce. En los suelos alcalinos elementos nutritivos vitales y oligoelementos no están a disposición de las plantas. Por la formación de complejos, los ácidos húmicos amortiguan el alto pH y convierten estos elementos en formas disponibles para las plantas (Humitech, 2005). a caracterización espectroscópica fue realizada solo a los AH, debido a que los AF se encuentran en el lignito en un bajo porcentaje (1,5%), lo que hace difícil el aislamiento y purificación de los mismos. Para ello, los AH fueron previamente dializados en una membrana para eliminar las sales presentes y luego fueron liofilizados para obtenerlos en estado sólido (Rivero y col, 1998). La relación óptica E_4/E_6 se determinó midiendo la absorbancia de soluciones de AH en NaHCO_3 a una longitud de 465nm y 665nm (Kononova, 1966). Como resultados se obtuvo una relación de $5,7 \pm 0,1$ para el lignito A y $5,8 \pm 0,2$ para el lignito B; valores que se encuentran cercanos, pero superiores al intervalo de 4-5,3% reportado para otros lignitos estudiados (Ramos, 2000). s importante señalar que dicha relación sirve como índice de humificación, es decir, como medida de los tamaños y condensación molecular. Según Stevenson (1994)

valores de $E_4/E_6 < 5,0$ corresponden a AH, y entre 6-8,5 a AF. De esta manera, se puede decir que la relación E_4/E_6 desciende conforme aumenta el peso molecular y el grado de humificación del material correspondiente. Así, los materiales más evolucionados, y por tanto más condensados y con mayor carácter aromático, tendrán valores de esta relación óptica más pequeños. En el caso de los lignitos estudiados se observó que las relaciones para ambos, son un poco más altas en comparación con los valores reportados para AH provenientes de lignitos, esto nos indica que presentan un grado de aromaticidad y peso molecular no tan elevados como los reportados habitualmente para AH. La otra parte del análisis espectroscópico la constituyó el análisis de los espectros IR obtenidos de los AH (no mostrados), en los cuales se identificaron bandas de absorción cercanas a 3400 cm^{-1} atribuidas al enlace de hidrogeno del grupo $-\text{OH}$, 1725 cm^{-1} estiramiento del $\text{C}=\text{O}$ de los grupos COOH y 1630 cm^{-1} atribuidos a vibraciones de los dobles enlaces de $\text{C}=\text{C}$. También se identificaron bandas en la región de 2925 cm^{-1} que pueden ser atribuidas a vibraciones de flexión de los grupos alifáticos C-H, 1400 cm^{-1} vibraciones de flexión O-H de los alcoholes o ácidos carboxílicos y 1050 cm^{-1} a la deformación de flexión OH de los grupos carboxilo (Agarwal y col, 2010). Para estudiar el posible uso del lignito en el mejoramiento de suelos se evaluaron dos parámetros, la capacidad de intercambio catiónico (CIC) y la actividad microbiológica (mediante la determinación de la respiración basal). Los resultados obtenidos para estos

parámetros se observan en la Tabla 5.

Tabla 5. Parámetros determinados del uso de lignitos en el mejoramiento de suelos

Parámetro	LignitoA	LignitoB
Capacidaddeintercambiocatiónico(CIC) (cmol/ kg lignito)	51±2	35±2
RespiraciónBasal (mgCO ₂ /kg lignito*días)	3±1	2.9±0,4

Está reportado que el intervalo de CIC óptimo que debe poseer un suelo de uso agrícola está entre 25 y 35 cmol/kg suelo (García, 2005). La CIC puede depender en más de un 80% de la MO presente (Stevenson, 1994) y como se puede observar en la Tabla 5, la CIC del LA es mayor en comparación con LB, concordando con los porcentajes de MO obtenidos (Tabla 3), donde el porcentaje de MO en LA es mayor que en LB. Los AH debido a que poseen un elevado peso molecular dan lugar a una CIC elevada (Gallardo, 1994), y es lógico entonces, que los lignitos al estar conformados en su mayoría por AH presenten la alta CIC obtenida.

El uso de los AH en suelos arenosos con muy poco humus, representaría beneficios para este, incrementando la CIC y la capacidad de retención de humedad y de elementos nutritivos (Humitech, 2005). Para la respiración basal los valores obtenidos (Tabla 5) fueron de (3±1) y (2,9±0,4) mgCO₂/kg suelo*días para LA y LB, respectivamente, los cuales son bajos comparados con valores reportados en suelos agrícolas venezolanos (13,68-98,64 mgCO₂/kg suelo*días) (Sánchez y col, 2005), además no hay diferencias significativas entre ambos lignitos.

Los valores bajos en la respiración basal, son característicos de materiales con un alto grado de madurez, como los lignitos, y eso constituye una característica deseada en cualquier enmienda orgánica a ser utilizada en suelos. La importancia de los microorganismos del suelo se debe que aparte de suministrarle una buena cantidad de biomasa al mismo, intervienen activa y directamente en ciclos geoquímicos como el del C, el del N, el del P y el del S (Jaramillo, 2002). Además, la adición de SH a los suelos como fuente de carbono puede ser utilizada para incrementar la población microbiana y por tanto la actividad enzimática asociada (Lizarazo, 2001). En términos generales, es de esperar que el uso del lignito, específicamente el lignito A, como enmienda orgánica para el mejoramiento de la fertilidad natural de los suelos agrícolas, se expresaría a través del incremento de su capacidad de retención de agua y de suministro de macronutrientes, disminuyendo la fijación o retención de cationes; así como en el mejoramiento de su estructura y de la activación de la flora microbiana, considerándose así como una excelente opción para mejorar un suelo que posteriormente podrá ser cultivado para obtener mayores rendimientos en las

cosechas. Otra ventaja que presentaría el uso de lignitos es su gran cantidad de AH y su baja cantidad de AF que por ser un material joven y poco humificado en el predominan las estructuras alifáticas que, si bien son altamente hidrofílicas y muy activas en cuanto a su interacción con los micronutrientes y su movilidad, tienen un tiempo de residencia en el suelo muy corto, debido a su rápida biodegradación por microorganismos; por el contrario, los AH son procedentes de materiales más carbonizados, con estructuras aromáticas policondensadas y pesos moleculares mayores, con ausencia de proteínas y mucopolisacáridos (Franco y Bañón, 1998), que cumplirán las funciones anteriormente nombradas, teniendo un tiempo de residencia en el suelo mayor.

Conclusiones

El Lignito A presenta mayores porcentajes de humedad, cenizas y materia volátil que el Lignito B esto refleja que estos parámetros varían dependiendo del tipo de lignito que se estudie y que a pesar de que los lignitos estudiados proceden del mismo lugar, probablemente el material parental de origen fue diferente para ambos. El método de extracción empleado con hidróxido de sodio permitió separar la materia orgánica en diferentes fracciones (AH, AF y SNH) presentes en los lignitos estudiados. Los lignitos estudiados son aptos para ser empleados como enmiendas orgánicas con fines agrícolas. Tomando en consideración que la capacidad de intercambio catiónico para el lignito A es superior a los valores óptimos reportados para suelos agrícolas,

mientras que los valores para el lignito B se encuentran en el límite superior de estos valores óptimos portados. Los espectros UV-visible obtenidos de los lignitos no generaron aportes significativos al análisis estructural; sin embargo, se determinó que los AH presentes en los lignitos estudiados tienen menor carácter aromático comparando con AH de otros lignitos comerciales, mediante la relación óptica E_4/E_6 obtenida es un poco alta comparada con las relaciones que presentan algunos lignitos. La espectroscopia IR es una técnica viable para la confirmación de grupos funcionales presentes en la estructura de las moléculas de ácidos húmicos tales como los grupos OH y COOH. Podemos concluir que el uso del lignito (específicamente, el lignito A) como aditivo en el mejoramiento de suelos probablemente aumentará su capacidad de retención de agua, evitará la retención de los cationes del suelo disminuyendo su fijación, mejorará su estructura y activará la flora microbiana, considerándose así como una excelente opción para mejorar un suelo que posteriormente podrá ser cultivado y se obtendrán mejores rendimientos en las cosechas.

Agradecimiento

Esta investigación constituye una alianza entre la industria PROMIVECA con la Universidad de Carabobo, específicamente, el Laboratorio de Investigaciones Bioquímicas, Departamento de Química, Facultad Experimental de Ciencias y Tecnología.

Referencias Bibliográficas

- ACF. (2005). American Coal Fundation, [en línea]. <http://www.ket.org/trips/coal/agsmm/agsmmtypes.html>
- Agarwal, S.; Khalid, M.; Khanna, R.; Ali, A. y Sultana, Y. (2010). Humic acid from Shilajit – a physico-chemical and spectroscopic characterization. *J. Serb. Chem. Soc.* 75 (3) 413-422.
- Anderson, J. P. (1982). Soil respiration. En: *Methods of soil analysis. Part 2. Chemical and microbiological properties.* 2nd ed. (A.L. Page, R H. Miller and D.R. Keeney eds.) Soil Science Society of America Number 9. SSSA, Madison, Wisconsin, USA. 831-871.
- ASTM. Análisis Próximos. Laboratorio del Centro de Investigaciones del Carbón. Universidad Nacional de Colombia, [en línea]. http://www.unalmed.edu.co/~ctcarbon/analisis_proximos.htm.
- Ciavatta, C.; Antisari, L. y Sequi, P. (1991). Humification Parameters of Organic Materials Applied to soil. *Lectures notes in Earth Sciences.* Springer Velarg, Berlin. 177-185.
- Franco, J. y Bañón, S. (1998). Posibilidades agrícolas de los ácidos húmicos comerciales. *Horticultura*, 69.
- Gallardo, J. (1994). Introducción a la química de las sustancias húmicas, el humus, la materia superficial del suelo, regulación y nutrición de los suelos. Ministerio de agricultura y pesca. *Investigación y ciencias*, 46: 8-16 España.
- García, N., A. (2005). Edafología. *Ciencias Ambientales*, [en línea]. <http://www1.unex.es/eweb/edafo/ECAP/ECAL5PFQReaccion.htm>
- Humitech. (2005). [en línea]. <http://www.humintech.com/pdf/imagebrochure.01.034.pdf>.
- Jaramillo, J. (2002). Introducción a la ciencia del suelo. Universidad Nacional de Colombia. 1^{era} Edición.
- Kononova, M. (1966). *Materia Orgánica de los suelos, su naturaleza, su papel en la formación del suelo y en la fertilidad.* 2da Edición. London Pergamon Press.
- Lizarazo, L. (2001). Incidencias de sustancias húmicas comerciales sobre microorganismos en el suelo. Universidad de Alicante.
- Ramos, R. (2000). Aplicación de sustancias húmicas comerciales como productos de acción bioestimulantes. Efectos frente al estrés salino. Tesis doctoral. Universidad de Alicante. España.
- Ritchie, J. y Perdue E. (2003). Proton-binding study of standard and reference fulvic acids, humic acids, and natural organic matter. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, Vol. 67, No. 1, 85–96.
- Rivero, C.; Senesi N.; Paolini J.; D’Orazio V. (1998). Characteristic of soil humic acid of some Venezuelan soils. *Geoderma*. 81:227-239.
- Sánchez, B.; Ruiz, M.; Rios, M.M. (2005). Materia orgánica y actividad biológica del suelo en relación con la altitud, en la cuenca del río Maracay, estado Aragua. *SciELO. Agronomía Trop.* 55 (4): 507-534.
- Schollenberger, C. y Simon, R. (1945). Determination of exchange capacity and exchangeable bases in soil- Amonium acetate method. *Soil Sci.*, 59: 13-24.
- Stevenson, F. (1994). Humus chemistry: genesis, composition and reaction. 2nd edition. *Edit John Wiley & Sons, Inc.*

New York.

Varanini, Z. y Pinton, R. (1995). Humic substances and plant nutrition. *Progress in Botany*, 56, 97-116.

Walkley, A. y Black, I. (1934). An examination of the Degtjaeff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic

acid titration method. *Soil Sci.* 37: 29-38.

Walinga, I.; Kithome, M.; Novozamsky, I.; Houba, V.J.G. y J.J. Van der Lee. (1992). Spectrophotometric determination of organic carbon in soil. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 23 (15-16): 1935-1944.

SISTEMA FITOTECNOLÓGICO DE TRATAMIENTO DE AGUAS CONTAMINADAS PROVENIENTES DEL LAGO DE VALENCIA

Gómez Jully y Suárez Marleny
FREBIN Aragua
jullygomez@hotmail.com

Resumen

El acceso al agua potable y el saneamiento son un derecho humano esencial, pilar fundamental para el desarrollo sustentable de un país. En tal sentido, el recurso hídrico juega papel fundamental en el establecimiento de los diferentes sistemas de producción a lo largo y ancho de una nación. Contar con fuentes potenciales de recursos hídricos como es el caso de la cuenca del Lago de Valencia ofrece una oportunidad de desarrollo que dependiendo del manejo del Espejo de Agua, convertirá lo que hoy es un área degradada en una extraordinaria zona de desarrollo sustentable. El Lago de Valencia, forma parte de una cuenca endorreica, que ocupa una superficie de 3140 Km². La dinámica de la cuenca y la acción antrópica han generado un grave desequilibrio en las aguas del lago (crecimiento abrupto de algas y presencia de altas concentraciones de nutrientes), imposibilitando el uso de las mismas para consumo humano, uso agrícola y recreacional, debido a lo costoso de los procedimientos de saneamiento convencionales.

La fitorremediación es una biotecnología ambiental innovadora, utiliza entidades biológicas, en este caso, vetiver (*Vetiveria zizanioides* L.) ideal en la depuración de aguas contaminadas logrando su disponibilidad para consumo humano, con una inversión necesaria y un impacto ambiental positivo, razón por la cual será propuesto el uso de esta gramínea de forma hidropónica en este sistema de tratamiento, el cual es un proceso de ciclaje de nutrientes donde la planta absorbe nutrimentos para su desarrollo y almacena nutrientes o inmoviliza contaminantes que luego podrán ser usados para otros propósitos. Este sistema será implementado en la Base Aérea Escuela Mariscal Sucre, estado Aragua, estableciéndose vivero en la época de sequía, con fertilización orgánica, al momento de la siembra de los esquejes y 150 días después, luego serán sumergirlas en plataformas flotantes sobre el agua a tratar provenientes del Lago de Valencia.

Palabras clave: fitorremediación, vetiver, *Vetiveria zizanioides*, Lago de Valencia, aguas contaminadas.

Introducción

El agua cubre el 71% de la superficie del planeta; sin embargo solo el 3% corresponde al agua dulce potable disponible para el ser humano. De esa cantidad, el 1,74% se encuentra atrapada en glaciares, el 1,72% en los acuíferos y el 0,04% en aguas superficiales, como agua dulce disponible para el consumo humano, de esa porción el 70% es utilizada en la agricultura, el 20% por las industrias y el 10% en uso doméstico [Guerrero *et al.*, (2006)].

En el mundo, el problema del agua radica principalmente en su escasez geográfica y en la carencia de potabilidad, afectando la salud y el bienestar de la población. El agua, vital líquido reconocido como un derecho humano fundamental por la Organización de las Naciones Unidas (ONU), se ha convertido en el recurso natural imprescindible y estratégico en el desarrollo sustentable de cualquier país que requiere del cuidado de todos los seres humanos (ONU, 2010).

Al hacer referencia de la relación existente entre el cuerpo humano y el agua, se encuentra que el 70% del cuerpo humano está hecho de agua y para su adecuado funcionamiento requiere entre uno y tres litros de agua diarios para evitar la deshidratación, la cantidad precisa depende del nivel de actividad, temperatura, humedad y otros factores (FUSDA, 2008). Cabe destacar que gran parte de la vida de los seres humanos depende de la calidad del agua que consumen; el acceso al agua potable conjuntamente con el saneamiento son factores de peso para promover una mayor inclusión social, contribuyendo en la reducción de la pobreza, la cual pasa

de una mejoría sustancial en el acceso equitativo a los servicios ecosistémicos, donde la contaminación creciente de suelos y aguas a nivel mundial, tiene un fuerte impacto en la calidad de vida de la población humana, a lo que Guerrero *et al.*, (2006) señalan que este grave problema demanda soluciones urgentes que no pueden seguir postergándose.

El uso y manejo eficiente del agua es una necesidad que debe ser cubierta a corto plazo, importando no sólo la cantidad sino la calidad y la disponibilidad del recurso hídrico para el consumo del ser humano. Dado que actualmente, en algunas zonas, ha estado escaso el recurso y su obtención, tratamiento y preservación debe ser ocupación de todas las personas, debe ser una gestión compartida en todos los niveles de gestión y acción gubernamental [Suarez, (2004); Suárez, (2009)].

En la actualidad existen distintos tipos de operaciones unitarias y procesos que pretenden la reducción de agentes contaminantes en el agua con la finalidad de devolver sus cualidades originales (Arroyo, 2006). El grado de eficiencia en un tratamiento debe traducirse, en la reducción del grado de impacto ambiental desfavorable a cuerpos receptores de agua, suelo o el ambiente en general (FIPA-USAID, 2001).

Dado a lo costoso de los procedimientos de saneamiento convencionales existentes (González, 2012), y la limitada eficacia de los tratamientos físico-químicos, han surgido tecnologías económicas, prácticas y ecológicas, como la fitorremediación, una tecnología ambiental alternativa sustentable que utiliza la capacidad natural de absorción

de las plantas para la rehabilitación in situ o ex situ de ambientes afectados por contaminantes naturales y de origen antrópico, ofreciendo numerosas ventajas en relación con los métodos físico-químicos aplicados en la actualidad.

La fitorremediación utiliza las plantas para remover, reducir, transformar, mineralizar, degradar, volatilizar o estabilizar contaminantes [Kelley *et al.*, (2000); Miretzky *et al.*, (2004); Cho *et al.*, (2008)]. Actualmente, han sido identificadas una amplia diversidad de especies que se emplean para este fin, incluso algunos autores como Cherian y Oliveira, (2005) hacen referencia que a través de la manipulación genética, mejora la capacidad de remediación de las plantas haciendo mas efectiva la fitorremediación, sin embargo, existen especies vegetales que sin ser manipuladas genéticamente presentan características excelentes para la fitorremediación, como es el caso del Vetiver (*Vetiveria zizanioides*).

El Vetiver (*Vetiveria zizanioides*) es una planta perenne, originaria de la India, de la familia de las gramíneas, de hoja rígidas, largas y angostas, con tallos erguidos, en forma recta que puede crecer hasta 1,5 metros, con un sistema radical fuerte que crece verticalmente a profundidades de hasta 5 metros, muy ramificado y esponjoso, con inflorescencia y semillas estériles, por tal motivo se reproduce por esquejes, es un planta con una alta adaptabilidad a diferentes tipos de suelo y climas y que además posee numerosas características que lo convierten en una alternativa para la conservación del suelo y el agua, estabilización de taludes,

control de erosión, absorción de metales pesados y purificación de aguas [Truong *et al.*, (2009)], por lo tanto, es una planta ecológicamente segura, siendo ampliamente utilizada en bioingeniería para la fitorremediación de suelos y aguas contaminadas entre otros países, logrando la disponibilidad del agua para el consumo humano, con una inversión necesaria y un impacto ambiental positivo, razones que impulsan a usar el vetiver (*Vetiveria zizanioides L.*) en sistemas de tratamiento de aguas contaminadas.

Investigaciones pioneras han demostrado la extraordinaria habilidad del vetiver para soportar situaciones climáticas y edáficas adversas, incluyendo elevados niveles de salinidad, acidez, alcalinidad, sodicidad, también tiene una gran tolerancia de altos niveles de nutrientes evidenciándose que el vetiver posee una aptitud ideal para eliminar diversas sustancias contaminantes de las aguas, incluyendo macronutrimientos tales como el nitrógeno, fósforo y algunos metales pesados como el níquel, cadmio, plomo, mercurio y el flúor [Truong y Hart, (2001); Truong y Smeal, (2003); (Ruíz, 2008)].

Así mismo, el vetiver bajo condiciones hidropónicas es capaz de bajar el nitrógeno total de 100 mgL⁻¹ a 6 mgL⁻¹ (94% de eficiencia); el fósforo total de 10 mgL⁻¹ a 1 mgL⁻¹ (90%), coliformes fecales ≥ 1.600 org/100 ml a 900 org/100 ml (44%); E. Coli de ≥ 1.600 org/100 ml a 140 org /100 ml (91%); oxígeno disuelto de <1 mgL⁻¹ a 8 mgL⁻¹ (>800 %); conductividad eléctrica de 928 μScm^{-1} a 468 μScm^{-1} : pH 7,3 a 6,0 y puede evapotranspirar 1,1 l/día/cuatro

plantas/tambor, todo esto con un tiempo de retención de cuatro días [Luque y Baldonio, (2000), Luque *et al.*, (2006)]. Por otro lado, el vetiver tiene la capacidad de producir hasta 132 t/ha/año de materia seca, muy por encima de cualquier gramínea, con una capacidad potencial de exportar hasta 1920 kg/ha/año de nitrógeno y 198 kg/ha/año de fósforo; creciendo con suplencias hasta de 6000 kg/ha/año nitrógeno combinado con una suplencia de 250 kg de fósforo/ha/año, lo que le atribuye a la planta extraordinarias capacidades para eliminar tales nutrientes de aguas contaminadas (Troung y Hart, 2003).

La Constitución de la República Bolivariana de Venezuela (CRBV, 2009) en el artículo 304, establece la visión social de los recursos hídricos del país, declarándose el agua como un bien público, esencial para la vida, el desarrollo y la erradicación de la pobreza, así mismo, enmarca la importancia del agua como un bien para la paz entre los pueblos y como un componente fundamental de los ecosistemas que no podrá ser privatizado por ser un derecho humano fundamental no negociable, por lo tanto la calidad y la cantidad de agua apta y disponible es de interés de todos los habitantes.

Venezuela, cuenta con más de un millar de ríos, 2.500 lagunas, dos importantes lagos y caudales medios de 41.430 m³/seg en sus cuencas, condiciones que posicionan al país entre las primeras quince naciones con reservas de agua dulce del planeta [Embajada de la República Bolivariana de Venezuela en Estados Unidos (EMBAVENEZ-US); (EMBAVENEZ-US, 2009)], no

obstante, el segundo lago más importante del país, el Lago de Valencia, presenta características particulares, puesto que es un cuerpo de agua dulce sin salida al mar, ubicado estratégicamente entre los estados Aragua y Carabobo, con una cuenca hidrográfica de 3.140 Km² de superficie (MINAMB-DEA Aragua, 2008), desarrollándose, a partir de los años cincuenta, una intensa actividad económica que la ubica actualmente como una de las áreas más dinámicas y con mayor participación dentro de la economía nacional, con el impacto negativo de la dinámica estructural de la cuenca en el Espejo de Agua, que es hoy día, uno de los ecosistemas acuáticos con una afectación por variados y complejos problemas ambientales (Suárez, 2004) y de ocupación espacial (Álvarez, 2004).

En tal sentido, la cuenca presenta una problemática ambiental que involucra una gran y variada cantidad de elementos y factores desfavorables que degradan la calidad ambiental de la misma, entre ellas: a) Contaminación por fuentes puntuales; b) Contaminación por fuentes no puntuales; c) Deterioro de la calidad de las aguas en la cuenca; d) Contaminación de las aguas del Lago; e) Ascenso de los niveles del Lago; f) Incremento de la demanda de agua en la cuenca; g) Ocupación del territorio; h) Deterioro de la calidad de los acuíferos.

El ente rector, en materia ambiental, en el Lago de Valencia, es el Ministerio del Poder Popular para el Ambiente (MINAMB), quien reporta en los informes presentados la situación de contaminación en las aguas del Lago de Valencia [MARN-DEA Aragua, (2004), MARN-DEAAragua, (2005); MINAMB-

DEA Aragua, (2008); MINAMB-DEA Aragua, (2009)] caracterizadas por la hipereutricación, contaminación por compuestos orgánicos tóxicos, contaminación orgánica, contaminación microbiana, contaminación por sales disueltas, contaminación por sólidos en suspensión y contaminación por metales pesados, como algunos de los problemas que afectan la calidad ambiental en el Espejo de Agua del Lago, impidiendo el uso de este recurso hídrico, generando un ascenso del nivel del lago, el incremento de la producción de algas, pudiéndose presentar un incremento en los sedimentos, destacando, que los estudios realizados por el MINAMB en relación a los sedimentos del Lago son escasos y el monitoreo de sedimentos en las aguas del Lago no es realizado en forma periódica (Suárez, 2009).

Todo lo anteriormente señalado induce a proponer el uso del vetiver de forma hidropónica como un sistema fitotecnológico de tratamiento de las aguas contaminadas provenientes del Lago de Valencia, lo cual es mas, un proceso de ciclaje de nutrientes donde la planta absorberá nutrimentos para su desarrollo y almacenará los nutrientes o contaminantes que luego podrán ser usados para otros propósitos, y de esta manera contribuir a mejorar de manera natural y sencilla los procesos de depuración de las aguas del Lago.

Objetivo General

Proponer un sistema fitotecnológico de tratamiento para la remoción de nutrientes, mediante el uso del vetiver (*Vetiveria zizanioides L.*) de aguas provenientes del Lago de Valencia.

Objetivos Específicos

- 1.- Diagnosticar la situación actual del Lago de Valencia.
- 2.- Caracterizar las aguas del Lago de Valencia.
- 3.- Diseñar un sistema fitotecnológico de tratamiento, para la remoción de nutrientes (C, N, F y S), mediante el uso del vetiver (*Vetiveria zizanioides L.*) en aguas provenientes del Lago de Valencia.
- 4.- Implementar el sistema fitotecnológico de tratamiento, para la remoción de nutrientes (C, N, F y S), mediante el uso del vetiver (*Vetiveria zizanioides L.*) en aguas provenientes del Lago de Valencia.

Materiales y Métodos

El ensayo será implementado en el Espejo de agua del Lago de Valencia específicamente en las adyacencias del embarcadero de la Base Aérea Escuela Mariscal de Sucre, en la Parroquia Los Tacarigua, municipio Girardot, estado Aragua.

La investigación en su dimensión metodológica es de tipo proyectiva, ya que su objetivo es proponer un sistema fitotecnológico de tratamiento, para la remoción de nutrientes, mediante el uso del vetiver (*Vetiveria zizanioides L.*) en aguas provenientes del Lago de Valencia. Desde la perspectiva de Metrick (1999), la investigación está orientada hacia el desarrollo sustentable, presentando las siguientes características: a) Enfoque aplicado a la solución de problemas para la generación y difusión de tecnologías apropiadas a las circunstancias del país; b) Involucra las ciencias sociales y naturales; c) Orientada hacia el ser humano (toma en cuenta las necesidades

de las personas, aprovecha las oportunidades y reduce las limitaciones presentes para mejorar la calidad de vida respetando al ambiente y adopta biotecnologías; y d) Es continuo e interactivo, un enfoque dinámico de “aprender haciendo”.

Las etapas a desarrollar en la investigación serán cinco (05):

Etapas I

Revisión de fuentes documentales, donde será revisada la bibliografía existente sobre el tema a tratar no solo en las diversas instituciones académicas nacionales e internacionales sino también en instituciones gubernamentales y no gubernamentales, caracterizando la situación actual, así como también la recopilación y análisis de informes técnicos del MINAMB.

Etapas II

Observación, reconocimiento y acondicionamiento del área, donde será establecido el vivero del vetiver en la época de sequía, con fertilización orgánica al momento de la siembra de los esquejes y 150 días después de la siembra (Suárez, 2006); para luego sumergirlas, en plataformas flotantes, sobre el agua a tratar, provenientes del Lago de Valencia.

Etapas III

Evaluación de la situación actual con la finalidad de identificar los puntos críticos de la situación caracterizada los cuales conllevan a determinar los indicadores de sustentabilidad que servirán para medir el desempeño de las acciones que van a ser realizadas por medio de esta investigación, los cuales se enuncian a continuación:

Priorización del Sistema Ambiental (SA)

Caracterización del SA definiendo los componentes (segmentación), flujos (materiales, energía e información), entradas, salidas, límites e interacciones. Modelaje del SA (representación gráfica del sistema real).

Definición de los objetivos del SA.

Evaluación del desempeño del SA, a través de matriz de Leopold, calidad y sostenibilidad.

Realización del análisis FODA (entorno y el ambiente interno).

Identificación y priorización de los factores críticos, como las demandas tecnológicas y no tecnológicas, actuales, potenciales y futuras.

Selección de los indicadores para monitoreo y evaluación de la intervención en el SA (análisis de impacto).

Etapas IV

Diseño del sistema fitotecnológico de tratamiento para la remoción de nutrientes (C, N, F y S), mediante el uso del vetiver (*Vetiveria zizanioides L.*), así como las estrategias y acciones para lograr la visión del SA.

Etapas V

Implementación del sistema fitotecnológico de tratamiento para la remoción de nutrientes (C, N, F y S), mediante el uso del vetiver (*Vetiveria zizanioides L.*), en el Lago de Valencia, el ensayo abarcará un área de 625 m², formado por estructuras rígidas flotantes, con diversas medidas que formarán un módulo, como se observa en la Figura 1, sobre los cuales serán instalados los esquejes de vetiver (Figura 2), para que crezca su sistema radicular bajo agua (Figura 3) y pueda absorber los contaminantes, estas raíces y hojas deben ser analizadas en

el laboratorio bajo diferentes periodos de establecimiento, pudiéndose replicar estos módulos en un área de tratamiento

de aguas provenientes del lago, en todo el espejo de agua del Lago de Valencia.

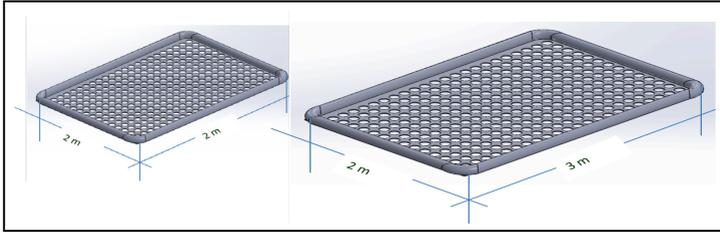


Figura 1. Estructura flotante propuesta para el sistema fitotecnológico de tratamiento de aguas.

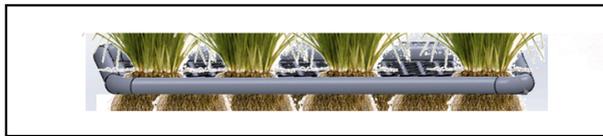


Figura 2. Estructura flotante con esquejes de vetiver



Figura 3. Estructura flotante con el sistema radicular del vetiver desarrollado.

Resultados Esperados

El sistema Vetiver no es un sistema de tratamiento, es una planta de reciclaje, bajo este enfoque, la absorción de elementos esenciales para las plantas como N, P y otros cationes por el vetiver no solo purificará las aguas sino que los almacenará para otras aplicaciones (Truong y Smeal, 2003).

El uso del vetiver ofrecerá una solución natural, amigable al ambiente, práctica, simple y eficiente en costos que removerá los contaminantes de las aguas provenientes del Lago de Valencia. Más aún, los brotes aéreos del vetiver (las hojas) pueden ser cosechados fácilmente como producto agregado, para su uso como forraje, mulch, substrato para hongos, artesanías, techos, coberturas y las raíces, previa caracterización, pueden ser también retiradas para la extracción de nutrientes, aceites esenciales o usarlas como plaguicida crudo para controlar plagas, así mismo se estaría disminuyendo el calentamiento global, puesto que el vetiver tiene un potencial de captura de 1 kg de carbono atmosférico, secuestrado año, en un metro cuadrado de superficie.

El vetiver (*Vetiveria zizanoides*) es un cultivo que usado como sistema de tratamiento de aguas contaminadas realiza un ciclo perfecto en el cual los contaminantes son utilizados por la planta para su alimentación; eliminados así del medio acuático, estos materiales fortalecen el cultivo; y por último, otros compuestos como metales pesados y sustancias orgánicas, que no son utilizados por el vetiver para su alimentación, son inmovilizados para que no cause daño, afecte o degrade

algún otro componente del ecosistema acuático e incluso al ser humano.

El sistema fitotecnológico de vetiver es un tratamiento de bajo costo y eficiente para ser usado en el tratamiento biológico de las aguas, comportándose como una planta de reciclaje de nutrientes, puesto que la absorción de elementos esenciales para las plantas como Nitrógeno (N) y Fósforo (P), elimina estos compuestos de las aguas, por tanto, el sistema fitotecnológico de vetiver no solo remediará las aguas sino que almacenará los contaminantes para otras aplicaciones.

Las aguas tratadas con el sistema fitotecnológico de vetiver podrán ser utilizadas por los seres humanos sin ningún peligro de contaminación bacteriológica o química, mejorando así la calidad de vida del ser humano y la salud ambiental de los ecosistemas acuáticos.

Agradecimiento

Infinitamente a Dios por ser garante de vida y bendiciones, a la familia entera por ser ese estímulo día y noche, a la Comunidad de Innovadores, Investigadores, Inventores y Tecnólogos Bolivarianos y Socialistas del estado Aragua por el apoyo prestado, a la persona que me ha formado en esta línea de investigación y por medio de la cual he aprendido acerca del vetiver, por la confianza y el estímulo transmitido; y a todas esas personas que de alguna forma han contribuido y seguirán contribuyendo en la ejecución de esta investigación.

Referencias Bibliográficas

- Álvarez, W. (2004). “Plan de Ordenamiento y Reglamento de Uso del Área Crítica con prioridad de Tratamiento de la Cuenca del Lago de Valencia”. Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales. Dirección Estatal Ambiental Carabobo. En Taller “Saneamiento del Lago de Valencia. Consulta Pública”. [CD-ROM]. Gerencia Regional INCE Aragua. Septiembre 2004. Maracay, estado Aragua. [2004, 27 de Septiembre].
- Arroyo, T. (2006). Estudio de la efectividad de un producto biotecnológico comercial en la degradación de materia orgánica presente en aguas residuales doméstica, [en línea]. Universidad de las Américas Puebla, México. Recuperado el 28 de Septiembre de 2012, de http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lamb/arroyo_c_t/.
- Cherian, S.; Oliveira, M. (2005). Transgenic plants in phytoremediation: recent advances and new possibilities. *Environmental Science & Technology*, 39: 9377-9390.
- Cho, C.; Yavuz-Corapcioglu, M.; Park, S.; Sung, K. (2008). Effects of Grasses on the Fate of VOCs in Contaminated Soil and Air. *Water, Air, & Soil Pollution*, 187:243-250.
- FIPA-USAID. (2001). Situación y evaluación de la calidad ambiental en Guatemala: Diagnósticos y propuestas de solución. Guatemala: Alonzo Roberto.
- FUSDA (2008). El agua como derecho humano. Medio ambiente y desarrollo: hacia un manejo sustentable del agua. Vol 11: 29-33.
- Garrido, N. (2004). “Situación actual de la Calidad del Agua en la Cuenca del Lago de Valencia”. Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales. Dirección Estatal Ambiental Aragua. En Taller “Saneamiento del Lago de Valencia. Consulta Pública”. [CD-ROM]. Gerencia Regional INCE Aragua. Instituto Nacional de Cooperación Educativa. Septiembre 2004. Maracay, estado Aragua. Venezuela. [2004, 27 de Septiembre].
- González, E. (2012). La Eutrofización de embalses. Ponencia presentada en el Taller de Formulación de proyectos de investigación con enfoque social. Ministerio del Poder Popular para Ciencia, Tecnología e Innovación. Maracay, estado Aragua. Junio 2012.
- Guerrero, E.; De Keizer, O.; Córdoba, R. (2006). La Aplicación del Enfoque ecosistémico en la Gestión de los Recursos Hídricos. UICN, Quito, Ecuador.
- Kelley, C.; Gaither, K.; Baca-Spry, A.; Cruickshank, B. (2000). Incorporation of phytoremediation strategies into the introductory chemistry laboratory. *Chem Educator*, 5:140-143.
- Lavania U.; Lavania S. (2009). Sequestration of atmospheric carbon into subsoil horizons through deep-rooted grasses - vetiver grass model. *Journal Current Science* 2009 Vol. 97 No. 5: 618-619, [en línea]. Recuperado el 28 de Septiembre de 2012, de <http://www.ias.ac.in/currsci>.
- Luque, O.; Baldonio, D. (2000). Efecto del vetiver en sistema. Pepsicola Venezuela-Planta Tocarón, [en línea]. Recuperado el 28 de Septiembre de 2012, de http://cd3wd.com/data/10052_core_vetiver_med/_ag_vetifer_grass_archives09_en_sp_part_16_250143_.

pdf.

Luque, O.; Troung, P.; Morao, D.; Ceballos, E. (2006). Modelo teórico para explicar los principios involucrados en el tratamiento de aguas residuales por el vetiver. Cerveceria Polar-Planta San Joaquín-Venezuela, [en línea]. Recuperado el 28 de Septiembre de 2012, de <http://www.vetiver.org/ICV4pdfs/EB05es.pdf>

MARN-DEA Aragua. (2004). MINISTERIO DEL AMBIENTE Y DE LOS RECURSOS NATURALES. Dirección Estatal Ambiental Aragua. "Informe y Resultados. Análisis físico-químicos alrededores de la Isla del Burro - Lago de Valencia". Laboratorio de Calidad Ambiental. Mayo 2004. Maracay, estado Aragua. 13 pp.

MARN - DEA Aragua. (2005). MINISTERIO DEL AMBIENTE Y DE LOS RECURSOS NATURALES. Dirección Estatal Ambiental Aragua. "Caracterización de los Tributarios en la Cuenca del Lago de Valencia". Laboratorio de Calidad Ambiental. Diciembre 2005 Maracay, estado Aragua. 35 pp.

Metrick, H. (1999). Investigación agropecuaria orientada al desarrollo (traducción de Leonardo Salazar). Maracay: FONAIAP/Centro Internacional de Investigación Agropecuaria orientada al Desarrollo. Serie D. N° 38.

MINAMB-DEA Aragua. (2008). Ministerio del Poder Popular para el Ambiente. Dirección Estatal Ambiental Aragua. Resultados y Conclusiones. Calidad de Agua del Lago de Valencia. Laboratorio de Calidad Ambiental. Junio 2008. Maracay, estado Aragua.

MINAMB-DEA Aragua. (2009). Ministerio del Poder Popular para el Ambiente. Dirección Estatal Ambiental Aragua. "Resultados. Análisis Parámetros físicos-químicos y bacteriológicos. Aguas del Lago de Valencia. Campaña Mayo 2009" y "Resultados. Determinaciones de parámetros "in situ". Aguas del Lago de Valencia. Campaña Mayo 2009". Laboratorio de Calidad Ambiental. Maracay, estado Aragua. 10 pp.

Embajada de la República Bolivariana de Venezuela en Estados Unidos. (2009, Marzo 20). El agua en la República Bolivariana de Venezuela: Una visión social, [en línea]. Washington-EEUU. Recuperado el 28 de Septiembre de 2012, de <http://www.embavenez-us.org>

Miretzky, P.; Saralegui, A.; Fernández-Cirelli, A. (2004). Aquatic macrophytes potential for the simultaneous removal of heavy metals. Buenos Aires, Argentina. *Chemosphere*. 57: 997-1005.

ONU. (2010) Informe de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, Río de Janeiro, 3 a 14 de junio de 1992, Volumen 1. Resoluciones aprobadas por la Conferencia (publicación de las Naciones Unidas, número de venta: S.93.I.8 y corrección), resolución 1, anexo II.

Ruiz, C. (2008). Desarrollo de un sistema de tratamiento para la remoción de flúor del agua mediante el uso del vetiver (*Vetiveria zizanioides* L.), en la comunidad de Guarataro, estado Yaracuy. Trabajo de Grado de Maestría. Universidad Central de Venezuela, Maracay.

Suárez, M. (2009). Fuentes de

Contaminación en la Cuenca del Lago Los Tacarigua. En Jornada de Socialización “Plan de Desarrollo del estado Aragua 2009-2013. Caso particular Cuenca del Lago Los Tacarigua. Consejos Comunales y Alcaldías del estado Carabobo”. [CD-ROM]. Consejo de Desarrollo Económico y Tecnológico del estado Aragua. Secretaría Sectorial de Desarrollo Económico y Tecnológico del estado Aragua. Gobernación del estado Aragua. Boca de Río, estado Aragua. Venezuela. [2009, 9 de Septiembre].

Suárez, M. (2006). Establecimiento del cultivo de vetiver con fines de biorremediación de suelos en las inmediaciones del Lago de Valencia, [en línea]. Recuperado el 28 de Septiembre de 2012, de <http://www.vetiver.org/ICV4pdfs/BA27es.pdf>.

Suárez, M. (2004). “Clasificación

y Manejo de Residuos. Propuesta de Acción Comunitaria”. En Taller “Saneamiento del Lago de Valencia. Consulta Pública”. [CD-ROM]. Gerencia Regional INCE Aragua. Instituto Nacional de Cooperación Educativa. Septiembre 2004. Maracay, estado Aragua. Venezuela. [2004, 27 de Septiembre].

Truong, P.; Tan, T.; Pinnars, E. (2009). Aplicaciones del Sistema Vetiver. Manual Técnico de Referencia.

Truong, P.; Hart, B. (2001). Vetiver System for Wastewater Treatment. Tech. Bull. N° 2001/2. PRVN / ORDPB, Bangkok, Thailandia.

Truong, P.; Smeal, C. (2003). Research, Development and Implementation of the Vetiver System for Wastewater Treatment. PRVN Tech. Bull. N° 2003/3, ORDPB, Bangkok, Thailandia.

SISTEMATIZACIÓN DE PROCESOS PARA EL RECONOCIMIENTO DE SERIES DE SUELOS, ALTIPLANICIE DE MARACAIBO, ESTADO ZULIA, VENEZUELA

Pineda¹ Neida, Larreal² Miguel, Jaimes¹ Edgar, Gómez³ Ángel

¹Núcleo Universitario Rafael Rangel, Grupo de Investigación de Suelos y Aguas (ULA)

²Facultad de Agronomía, Departamento de Ingeniería, Suelos y Aguas (LUZ)

³Facultad de Agronomía, Departamento de Estadística (LUZ)

pineida@ula.ve

Resumen

El objetivo del trabajo es presentar una propuesta metodológica, expresada como un modelo y basada en la teoría de sistemas que permitirá la identificación, descripción y definición de series de suelos a partir de la selección de unidades cartográficas previamente identificadas. El modelo está conformado por Diagramas de Flujo de Datos (DFD) de análisis y expandidos que permiten ordenar un conjunto de actividades de campo, de laboratorio y de gabinete requeridas para el reconocimiento de series de suelos. Para el diseño y validación de este procedimiento se caracterizaron tres series de suelos (Maracaibo, Los Cortijos y San Francisco), localizadas en el sector semiárido (bosque muy seco tropical) de la altiplanicie de Maracaibo, Zulia-Venezuela. La clasificación taxonómica que identifica a los perfiles son: Typic Paleargids, isohipertérmica, francosa fina, mixta-illítica, para la serie Maracaibo; Typic Paleargids, isohipertérmica, arcillosa fina, caolínica-mixta, para la serie Los Cortijos y Typic Paleargids, isohipertérmica, francosa fina, caolínica-mixta, para la serie San Francisco. En cada serie de suelos se describieron diez perfiles, con seis horizontes cada uno. El resultado final incluye la elaboración de un informe técnico con los documentos necesarios para el reconocimiento y registro de las series de suelos después del proceso de correlación seguido por el Ministerio del Poder Popular para el Ambiente de Venezuela, además de la inclusión de la información edafológica en las redes a disposición de las personas y empresas interesadas. Se recomienda la validación de este procedimiento en áreas con condiciones climáticas diferentes.

Palabras clave: serie de suelo, diagrama de flujo de datos, unidades cartográficas, pedones.

Introducción

La serie de suelo es una categoría taxonómica baja en su nivel de clasificación por lo que sus pedones deben tener una muy alta o alta homogeneidad, debiendo compartir las características de las categorías superiores que la engloban sucesivamente desde la familia hasta el subgrupo, gran grupo, suborden y orden de suelos. La consideración de los pedones de una serie como entes discretos de una población de suelos plantea la necesidad de definir su homogeneidad espacial, que viene dada en general por la similitud o alta proporción común de sus parámetros morfológicos cualitativos y la semejanza o baja variabilidad del valor de sus parámetros biológicos, físicos y químicos.

En Venezuela los estudios edafológicos con nivel de detalle suficiente para clasificar los suelos en las categorías bajas de familia y serie son muy pocos y los existentes carecen, en la mayoría de los casos, del rigor conceptual exigido en la actualidad, principalmente en cuanto a los criterios estadísticos de definición, contribuyendo poco en la correlación de suelos a nivel local, regional y nacional (Larreal, 2011).

En este estudio se propone un modelo que es una sistematización de procesos, que consiste en Diagramas de Flujo de Datos que facilita la identificación, descripción y definición de series de suelos localizadas en Venezuela, en la planicie de Maracaibo, dentro de un área de 50.000 ha bajo clima semiárido y subhúmedo. Los terrenos de esa área son potencialmente valorables mediante la transformación de secano en regadío a través del proyecto del sistema de

riego El Diluvio-El Palmar, actualmente denominado Primer Sistema Hidráulico orientado al desarrollo endógeno, seguridad alimentaria y ocupación ordenada de frontera (Odebrecht, 2010). Esta investigación planteó el diseño de una propuesta metodológica para la caracterización y clasificación de series de suelos, a través de la definición y reconocimiento de dicha categoría y su diferenciación entre las distintas series previamente identificadas. Este nivel categórico será instrumento para implementar el programa de correlación de series de suelo a nivel regional y nacional; transmitir información de suelo al usuario; transferir información sobre su uso y manejo, desde los sitios donde se genera la misma a sitios con condiciones ambientales análogas; servir como entidad básica a la cual referir información sobre suelos, uso y manejo; y servir como referencia para la aplicación de la metodología en otras condiciones ambientales.

Materiales y Métodos

El modelo fue desarrollado aplicando los fundamentos básicos de la teoría de sistemas, utilizando el procedimiento para el desarrollo de sistemas de información explicado por Eckols (1987), teniendo como referencia los modelos diseñados por Pineda (2000), Pineda *et al.*, (2004) y Jaimes *et al.*, (2007). El modelo consta de Diagramas de Flujo de Datos (DFD), definidos por Eckols (1987) como gráficos que muestran la información que llega al sistema, la información que sale y dónde ésta es transformada. Estos diagramas van de lo más sencillo a lo más complejo

y son elaborados en pasos sucesivos, iterativos y dialécticos.

Para diseñar y validar el procedimiento metodológico se caracterizaron tres series de suelos: Maracaibo [Materano *et al.*, (1985)]; Los Cortijos (Larreal, 2007) y San Francisco (Larreal, 2005), localizadas en el sector semiárido (bosque muy seco tropical) de la altiplanicie de Maracaibo, estado Zulia, Venezuela; enmarcadas en un paisaje de altiplanicie caracterizado por la uniformidad de su relieve producto de extensos y masivos procesos sedimentarios coluvionales, diferenciándose en la actualidad por la acción de los procesos erosivos que, actuando a través del tiempo, han dado una conformación al paisaje; no obstante, los procesos pedogenéticos que han originado a los suelos son uniformes en toda su extensión, pero a nivel edáfico existen diferencias, de allí la importancia de la clasificación taxonómica a nivel categórico de series de suelos en las condiciones del trópico venezolano.

Se describieron y caracterizaron diez (10) perfiles de suelos por cada serie, conformados por seis horizontes cada uno. Los perfiles de suelo de las series Los Cortijos y San Francisco se alinearon equidistantes 100 metros en transectas perpendiculares al sentido de ocurrencia de la geodinámica que originó a los depósitos sedimentarios de la altiplanicie de Maracaibo. En la serie Maracaibo los perfiles fueron ubicados en cuadrículas. La profundidad estudiada fue hasta 2 metros para todas las series de suelo seleccionadas. La clasificación taxonómica que identifica a los perfiles caracterizados son: Typic Paleargids, isohipertérmica, francosa fina, mixta-

illítica, para la serie Maracaibo; Typic Paleargids, isohipertérmica, arcillosa fina, caolinítica-mixta, para la serie Los Cortijos y Typic Paleargids, isohipertérmica, francosa fina, caolinítica-mixta, para la serie San Francisco.

Resultados y Discusión

Elaboración del Diagrama de Flujo de Datos de Análisis

En la Figura 1 se muestra el diagrama del flujo de datos (DFD) de análisis elaborado, donde los procesos (P1 a P6) se representan dentro de elipses; los archivos donde se almacena información (1 a 6) se indican por medio de líneas paralelas horizontales debajo de las elipses de los procesos correspondientes y los flujos de datos que transitan dentro de los procesos, entre éste y su contorno se representan por flechas; por su parte, los receptores o terminadores que constituyen una fuente o destino de la información, son representados gráficamente por un rectángulo.

Proceso 1

Seleccionar las unidades cartográficas antecedentes

Este proceso se activa al seleccionar las unidades cartográficas que requieren definir series de suelos, a solicitud de los Usuarios (empresas, propietarios, organismos del gobierno, entre otros). Requiere de Información básica (edafológica actual), del apoyo de la Investigación de campo (fotointerpretación y reconocimiento de campo) y del Apoyo bibliográfico (clasificación taxonómica a nivel de familia y serie), considerando los objetivos de la Planificación propuesta.

Cuando la información satisface completamente los requerimientos del sistema se genera el archivo 1 (Unidades cartográficas seleccionadas para la definición de series de suelos).

Proceso 2

Realizar estudio detallado al nivel de serie de suelo

Se inicia a partir de la información almacenada en el archivo 1, requiere de las fuentes Apoyo bibliográfico (información disponible al nivel de series de suelos, exigencias de la taxonomía con respecto a las series de suelos y metodologías a utilizar para la descripción y caracterización de los suelos) e Investigación de campo (prospección de campo que incluye apertura, descripción y muestreo de perfiles de suelos). Este proceso permitirá la obtención detallada de la información básica de suelo, tanto en campo como en laboratorio, que se almacenará en el archivo 2 (Caracterización morfológica, física, química, biológica y mineralógica de los perfiles de suelo).

Proceso 3

Clasificar al nivel taxonómico de familia y serie de suelo

A partir de la interpretación y análisis de las características morfológicas, físicas, químicas, biológicas y mineralógicas de los suelos y con el apoyo de la *Información bibliográfica* (taxonomía

de suelos del USDA, 2010) se clasifican los suelos a nivel taxonómico de familia y serie, información que se almacena en el archivo 3 (Suelos clasificados al nivel de familia y serie).

Proceso 4

Elaborar las bases de datos de los suelos por área de estudio

En este proceso se utilizan las características descritas y analizadas de los suelos y la información de cada área de estudio (archivo 2) para el diseño de matrices de datos utilizando Microsoft Excel®. Será necesario codificar las variables cualitativas; es decir, expresarlas en forma cuantitativa, para su posterior procesamiento. Estas matrices conformarán el archivo 4 (Bases de datos de suelos por área de estudio).

Proceso 5

Analizar la homogeneidad edáfica en las áreas de estudio

Se procesan las matrices de datos (archivo 4) mediante la utilización del software SIAHT (Sistema de Información Automatizado de Homogeneidad de Tierras; Elizalde y Daza, 2001), que permite formular los criterios que definen a las series de suelos, información que se almacena en el archivo 5 (Criterios concretos de definición de las series de suelos en las áreas seleccionadas).

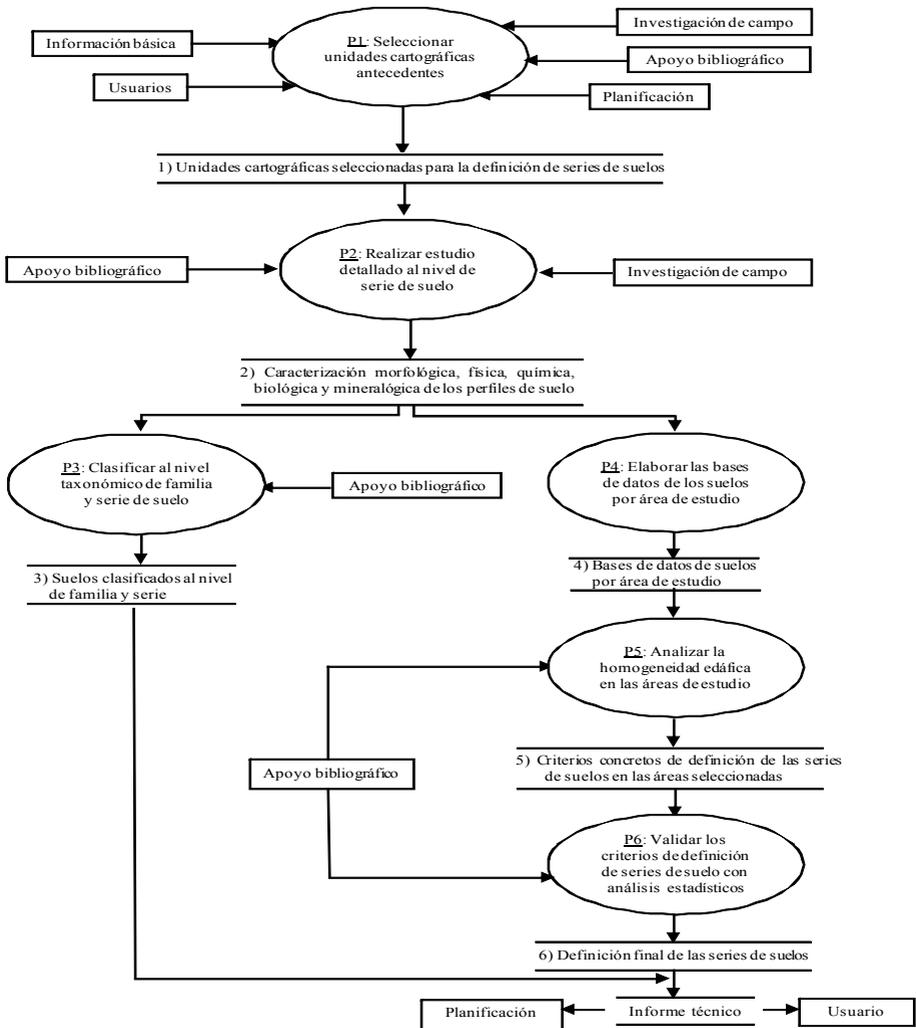


Figura 1. Diagrama de flujo de datos de análisis

Proceso 6

Validar los criterios de definición de series de suelo con análisis estadísticos

A partir de los criterios que definen a las series de suelos (archivo 5) y con el *Apoyo bibliográfico* se procede mediante análisis estadísticos a la validación de los criterios definidos, esta información

se almacena en el archivo 6 (Definición final de las series de suelos). El producto final es un informe técnico acompañado de la cartografía y bases de datos que sirve para difundir los resultados entre los interesados públicos y privados (usuarios) y para elevar la información a los organismos públicos de gestión

ambiental de los recursos (planificación). El informe presentado en el Ministerio del Poder Popular para el Ambiente (MPPA) de Venezuela debe incluir lo requerido por el Registro del Programa de Correlación Regional y Nacional de los Suelos del país, considerándose una información básica que es necesaria para los proyectos de interés socioeconómico y agroeconómico.

Construcción de los diagramas expandidos

Estos diagramas permiten comprender a nivel funcional cada uno de los procesos que conforman el DFD de análisis. En las diferentes expansiones se conservan los mismos flujos de información que en los DFD iniciales, expresados con mayor detalle. En estos diagramas los subprocesos, representados por elipses, están identificados con el número arábigo correspondiente a cada proceso, seguido por una letra minúscula, y los archivos están señalados con un número arábigo seguido por una letra mayúscula.

Expansión del proceso 1

Seleccionar unidades cartográficas antecedentes

Esta expansión consta de dos subprocesos como se muestra en la Figura 2. Subproceso 1a: Su activación es producto de la necesidad de actualizar la información antecedente, tanto edafológica como cartográfica, dentro de una planificación o bien cuando los usuarios solicitan la atención institucional por lo que requiere de las fuentes *Información básica, Planificación y/o Usuario*. Esa información es ampliada con los resultados de fotointerpretación de fotogramas aéreos y la teledetección de imágenes de satélite (*Apoyo*

bibliográfico), apoyada con una prospección de campo (*Investigación de campo*) destinada a seleccionar unidades cartográficas para definir series de suelos con rigor científico y técnico. La información generada por este subproceso se almacena en el archivo 1A: Estudios semidetallados o detallados de suelos (unidades cartográficas). Subproceso 1b: con base al archivo 1A se activa este proceso que requiere de la demanda de información edafológica (*Planificación*) por los interesados privados y/o públicos (*Usuarios*). Esta información se recoge en el archivo 1B: Áreas de estudio para definir series de suelos.

Expansión del proceso 2

Realizar estudio detallado al nivel de serie de suelos: en la Figura 2 se ilustra esta expansión que está conformada por tres subprocesos. Subproceso 2a: consiste en seleccionar el tipo de muestreo a utilizar para realizar la evaluación detallada de los suelos dependiendo de las características geomorfológicas propias del área de estudio donde se definirán series de suelos y, además, se estima el número de perfiles (calicatas) representativos necesarios para evaluar los suelos. Requiere de las fuentes *Apoyo bibliográfico* e *Investigación en campo*. Subproceso 2b: consiste en la realización de trabajos de campo para recabar la información necesaria a través de la descripción de los perfiles de suelos e incluye la toma de muestras para su posterior análisis. Subproceso 2c: las muestras de suelo recabadas en campo se procesan y analizan en el laboratorio requiriendo de la fuente *Apoyo bibliográfico* para seleccionar los

métodos a utilizar en la determinación analítica de características de los suelos. La información generada en este subproceso más la proveniente del subproceso 2b conforman el archivo 2A (Características morfológicas, físicas, químicas, biológicas y mineralógicas

de los suelos del área de estudio). Debido a que los procesos 3 (Clasificar al nivel taxonómico de familia y serie) y 4 (Elaborar las bases de datos de los suelos por área de estudio) son directos no requieren subprocesos.

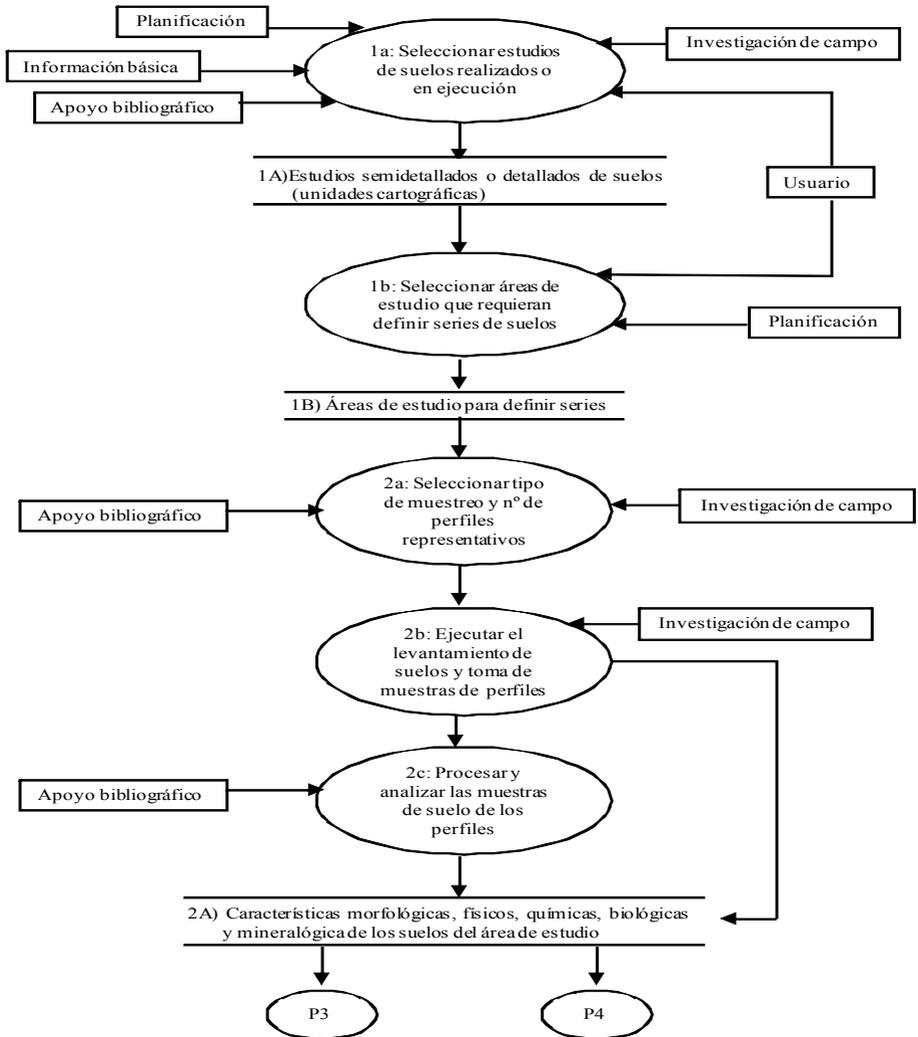


Figura 2. Diagramas expandidos de los procesos 2 y 3.

Expansión del proceso 5

Analizar la homogeneidad edáfica en las áreas de estudio: está conformado por 6 subprocesos (Figura 3), que se activan a partir del archivo 4 (Bases de datos de suelos por área de estudio) y requieren de la fuente *Apoyo bibliográfico*, específicamente del software SIAHT (Sistema de Información Automatizado de Homogeneidad de Tierras; Elizalde y Daza, 2001). Subproceso 5a: permite calcular la homogeneidad global (IHM-G) que determina la homogeneidad de los suelos considerando todos los grupos de variables globalmente (morfológicas + físicas + químicas +....) y agrupándolos por parámetros (morfológicos, físicos, químicos,...) de todas las series de suelos. Subproceso 5b: determina la homogeneidad global por horizonte (IHM-G-H) para todos los grupos de variables globalmente (morfológicas + físicas + químicas +....) y agrupándolos por parámetros (morfológicos, físicos, químicos,...) de todas las series de suelos. Subproceso 5c: su función es calcular el índice de homogeneidad subglobal por cada serie de suelo (IHM-SG-S) para todos los grupos de variables globalmente (morfológicas + físicas + químicas +....) y agrupándolos por parámetros (morfológicos, físicos, químicos,...) de todas las series de suelos. Subproceso 5d: calcula el índice de homogeneidad subglobal ponderado por el espesor de los horizontes de cada serie (IHM-SG-EH-S) para todos los grupos de variables globalmente (morfológicas + físicas + químicas +....) y agrupándolos por parámetros (morfológicos, físicos, químicos,...). Subproceso 5e: calcula

el índice de homogeneidad subglobal por horizonte de cada serie de suelo (IHM-SG-H-S) para todos los grupos de variables globalmente (morfológicas + físicas + químicas +....) y agrupándolos por parámetros (morfológicos, físicos, químicos,...). Subproceso 5f: calcula el índice de homogeneidad subglobal por perfiles de cada serie de suelo (IHM-SG-P-S) para todos los grupos de variables globalmente (morfológicas + físicas + químicas +....) y agrupándolos por parámetros (morfológicos, físicos, químicos,...). La información generada por los 6 subprocesos son almacenados en el archivo 5ABCDEF (Definición de serie de suelos con base en la homogeneidad edáfica).

Expansión del proceso 6

Validar los criterios de definición de series de suelo con análisis estadísticos: consta de cinco subprocesos (Figura 3), que se activan a partir del archivo 5ABCDE y con el *Apoyo bibliográfico*. Subproceso 6a: tiene como objetivo la aplicación del análisis estadístico univariado que permite la determinación de la variabilidad de las características morfológicas a partir de criterios de proporcionalidad y el cálculo de la variabilidad de las propiedades físicas y químicas. Subproceso 6b: su función es la aplicación del análisis de varianza con un diseño completamente al azar y pruebas de medias según Tukey a la data de suelos. Subproceso 6c: inicia la prueba de normalidad de la distribución y, en caso de no ser una distribución normal, se realiza una transformación logarítmica y comprobación de la normalidad de la distribución de los datos transformados.

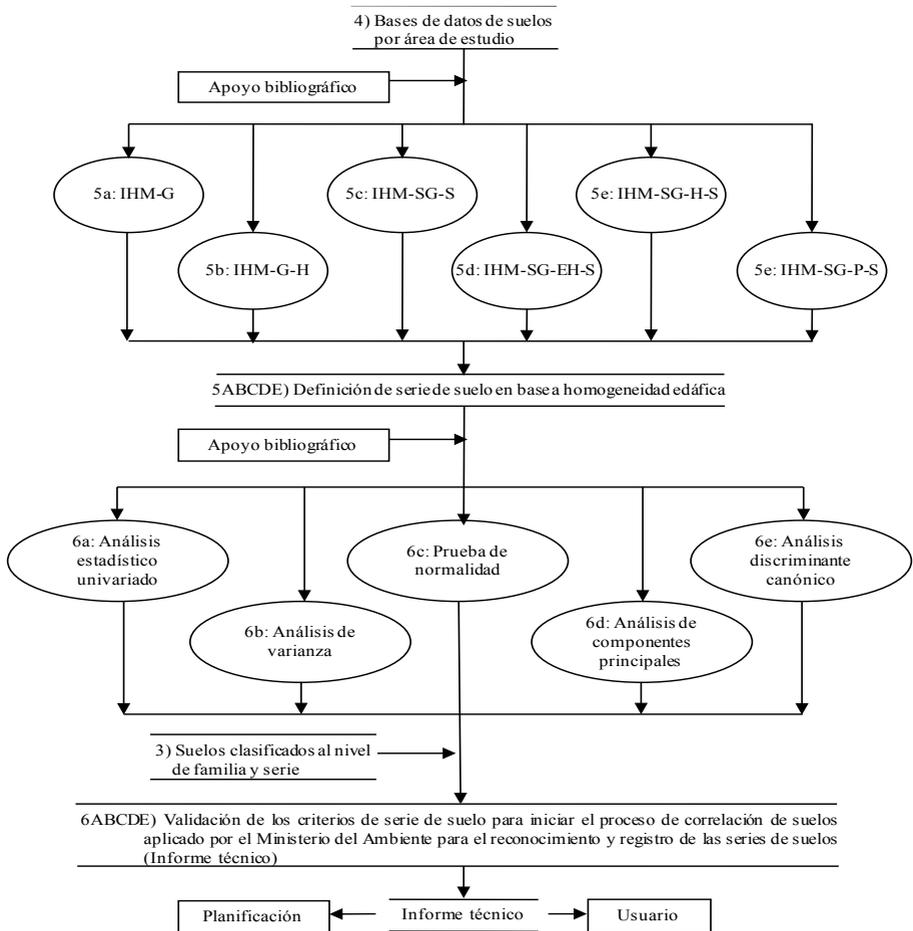


Figura 3. Diagramas expandidos de los procesos 5 y 6

Subproceso 6d: aplica el análisis estadístico multivariado a través del análisis de componentes principales para simplificar la estructura de los datos originales y determinar las variables o parámetros que tienen mayor peso en la definición de los suelos. Subproceso 6e: utiliza el análisis discriminante canónico, que permite calcular y graficar las variables canónicas en el espacio discriminante para entender mejor las

relaciones entre las diferentes clases de suelos previamente establecidas.

La información generada por estos subprocesos se almacena en el archivo 6ABCDE (Validación de los criterios de serie de suelo para iniciar el proceso de correlación de suelos aplicado por el Ministerio del Ambiente para el reconocimiento y registro de las series de suelos). El resultado final incluye un informe técnico con los documentos

necesarios para el reconocimiento y registro de las series de suelo después del proceso de correlación seguido por el Ministerio del Poder Popular para el Ambiente de Venezuela, además de la inclusión de la información edafológica en las redes a disposición de las personas y las empresas interesadas (usuarios). En este informe técnico se incluye la información referida a la clasificación de los suelos, a nivel de familia y serie, obtenida en el proceso 3.

Conclusiones

La sistematización del modelo elaborado permite utilizar información cartográfica y taxonómica existente y la generación de información edafológica adicional que contribuye a diferenciar las características y propiedades morfológicas, físicas, químicas, biológicas y mineralógicas propias de cada serie de suelos.

El modelo sistematizado propuesto constituye una herramienta útil para llevar a cabo el reconocimiento de series de suelos, a partir de la selección de unidades cartográficas o taxonómicas previamente definidas, utilizando técnicas estadísticas.

La validación de este modelo a partir de 3 series de suelos ubicadas en el sector semiárido de la altiplanicie de Maracaibo permitió comprobar la funcionalidad del procedimiento propuesto.

Agradecimiento

Los autores agradecen al Fondo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (FONACIT) por el cofinanciamiento otorgado (2012000155).

Referencias Bibliográficas

- Eckols, S. (1987). *Cómo diseñar y desarrollar sistemas de información. Un enfoque práctico al análisis, diseño e implementación de sistemas computarizados*. Editorial Lito-Jet, C.A. Segunda edición. Caracas, Venezuela.
- Elizalde G.; Daza M. (2001). *Sistema de Información Automatizado de Homogeneidad de Tierras. SIAHT, Versión 2.1*. Instituto de Edafología. Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela. Maracay, Venezuela.
- Jaimes, E.; Mendoza, J.; Pineda, N.; Ramos, Y. (2007). *Sistematización de procesos para el análisis del deterioro agroecológico y ambiental en cuencas hidrográficas*. *Interciencia*. 32(7): 437-443.
- Larreal, M. (2011). *Caracterización y clasificación de series de suelos en las zonas rurales semiáridas del trópico venezolano (Tesis Doctoral)*, Universidad Politécnica de Madrid (UPM). Madrid (España).
- Larreal, M. (2007). *Definición y establecimiento de la serie de suelo Los Cortijos en el sector semiárido de la altiplanicie de Maracaibo*. Convenio Universidad Politécnica de Madrid - La Universidad del Zulia. Maracaibo, Venezuela.
- Larreal, M. (2005). *Definición y establecimiento de la serie San Francisco en la altiplanicie de Maracaibo, sector semiárido*. La Universidad del Zulia, Facultad de Agronomía. Maracaibo, Venezuela.
- Materano, G.; Peters, W.; Noguera, N. (1985). *Estudio detallados de suelos terrenos de la Ciudad Universitaria de*

LUZ. La Universidad del Zulia, Facultad de Agronomía. Maracaibo, Venezuela.

ODEBRECHT. (2010). Principales obras. Sistema de Riego Diluvio-El Palmar, [en línea]. [http:// www.ve.odebrecht.com/web/diluvio.php](http://www.odebrecht.com/web/diluvio.php)

Pineda, N. (2000). Procedimiento para la definición y descripción de clases de suelos con fines agropecuarios. *Rev. Fac. Agron. (LUZ)*. 17(5): 393-412.

Pineda, N.; Jaimes, E.; Mejías, J.; Mendoza, J. (2004). Sistematización de procesos para estudios de aforo de pozos de agua subterránea en áreas sujetas a la adquisición de datos sísmicos. *Interciencia*. 29(1): 19-25.

USDA. (2010). Keys to soil taxonomy. Soil Survey Staff. Natural Resources Conservation Service. Eleventh edition, Washington, D.C., USA.

USO DE BIOINDICADORES DE CONTAMINACIÓN PARA DETERMINAR LA CALIDAD DEL AGUA EN EL PARQUE NACIONAL LAGUNA DE TACARIGUA. CONSIDERACIONES ESPACIO- TEMPORALES

Malaver¹ Nora, Rodríguez¹ María, Montero² Ramón, Aguilar³ Víctor

¹Instituto de Zoología y Ecología Tropical (IZET).UCV

²Instituto de Ciencias de la Tierra (ICT). UCV

³Instituto de Geografía y Desarrollo Regional. UCV

nora.malaver@gmail.com.

Resumen

Este trabajo presenta una evaluación y caracterización de la calidad del agua de la laguna de Tacarigua, utilizando microorganismos indicadores de calidad sanitaria, ambiental y de intervención antrópica del ecosistema. Como indicadores microbiológicos se utilizaron: bacterias heterótrofas, coliformes totales, fecales, enterococos y vibrios. Los muestreos se realizaron en Junio 2009 (evento climático Niño) y Marzo 2011 (evento climático Niña), en 16 estaciones de muestreo. Se realizó un análisis de Redundancia, (paquete CANOCO, versión 4.5) e interpolación espacial (Kriging) (PAST V.2.16), en ese sentido los Enterococos mostraron una distribución homogénea en junio 2009 en todos los sectores, mientras que en marzo 2011 presentaron un gradiente de distribución desde mayores densidades en Pirital, Club Miami, Manatí, El Guapo, El Placer y menor en Marapata, donde la relación fue inversa con las variables fisicoquímicas, excepto con temperatura. Así mismo, los coliformes fecales en junio 2009 se mostraron asociados a Club Miami, Manatí, Las Lapas, El Guapo, Carambola y Pirital, donde la profundidad es la variable que los conjuga, y por su parte para el 2011 las variables asociadas fueron la profundidad, salinidad y pH, con mayores densidades en sectores diferentes al 2009. Asimismo, Vibrio en 2009, mostró asociación con coliformes fecales, detectándose en las mismas localidades, con menor magnitud en 2011. Las bacterias heterótrofas indicadoras de degradación de materia orgánica, mostraron una distribución más homogénea en todas las localidades con efecto marcado de la salinidad, profundidad y pH en 2009. La calidad del agua de la laguna varía estacional y temporalmente, influyendo los eventos climáticos en esta variabilidad.

Palabras clave: bioindicadores, Laguna de Tacarigua, calidad de agua, contaminación, enterococos, vibrios.

Introducción

El Parque Nacional Laguna de Tacarigua (PNLT) constituye uno de los estuarios más productivos del país, fue declarado Parque Nacional en 1974 y sitio Ramsar en 1996. Sin embargo, no escapa a la problemática que afecta a los ecosistemas marino costeros, los cuales están sometidos a la presión demográfica ejercida sobre las costas a través de actividades humanas, destacándose, dentro de esta problemática, el vertido de efluentes cuyos aportes incluyen microorganismos patógenos, que pueden producir infecciones en el hombre tales como cólera, fiebre tifoidea, salmonelosis, shigelosis, entre otras; la inexistencia de redes cloacales en el pueblo de Tacarigua de la Laguna y en las zonas aledañas al parque, así como la falta de plantas de tratamiento de aguas servidas en los complejos turísticos circunvecinos, contaminación por pesticidas y fertilizantes, desechos químicos, acumulación de desechos sólidos y orgánicos, ejecución de obras de dragados, alteración de las cuencas fluviales que drenan hacia el mar, mediante el desvío de ríos y construcciones de represas, obstrucción sedimentaria y erosión costera, alteración de estuarios y de manglares para la construcción de complejos industriales y habitacionales-turísticos.

Esta situación ha traído como consecuencia cambios drásticos en la calidad sanitaria del agua del sistema lagunar, que hacen prioritario evaluar la calidad de la misma, utilizando bioindicadores. En este sentido, se planteó como objetivo evaluar y caracterizar la calidad del agua de la

laguna utilizando microorganismos indicadores de calidad sanitaria, ambiental y de intervención antrópica del ecosistema, con el fin de aportar soluciones integrales que contribuyan a la preservación, conservación y sustentabilidad del humedal.

Bioindicadores

Los bioindicadores se definen como organismos cuya presencia puede indicar condiciones ambientales alteradas, la posibilidad de que existan otros microorganismos patógenos y riesgos sanitarios, es decir su presencia o ausencia en un hábitat expresa que los parámetros están o no dentro del límite de tolerancia del mismo (Wilson, 1994). Entre los microorganismos utilizados como indicadores de contaminación fecal por ser más frecuentes en las heces humanas y animales, están los coliformes totales y fecales, estreptococos fecales, enterococos, *clostridium sulfitos reductores* y *clostridium perfringens*.

Coliformes Totales y Fecales

Las bacterias coliformes totales y coliformes fecales se utilizan como bioindicadores, ya que tienen un comportamiento similar a los patógenos. Este grupo de bacterias ha sido el principal indicador de calidad en los distintos tipos de agua, porque son habitantes comunes del tracto intestinal del hombre y los animales de sangre caliente, están asociados a la contaminación por aguas servidas o residuales, son considerados bioindicadores de la calidad del agua en cuanto al contenido de materia fecal, materia orgánica y nutrientes minerales.

La determinación de coliformes fecales representa la fracción de coliformes presentes en la materia fecal (coliformes

termotolerantes). Su detección en el ambiente indica contaminación fecal reciente, o presencia de fuentes puntuales de contaminación de origen fecal, y riesgo de aparición de gérmenes patógenos.(xx)

Enterococos

Los enterococos forman parte de la flora gastrointestinal del hombre y de los animales de sangre caliente, son excretados en sus heces, de ahí que su presencia en el ambiente indique contaminación de origen fecal y el riesgo de aparición de gérmenes patógenos. Son detectados en lugares con fuerte intervención antrópica, con descargas intermitentes y de vieja data. Por su tolerancia a la salinidad y a variaciones de temperatura en el agua, son considerados mejores indicadores de contaminación fecal en ambientes marinos; en particular, dentro de este grupo, *los Streptococos fecales* se les consideran mejores indicadores de contaminación con respecto a los coliformes fecales (Suárez, 2002)

Vibrio

Patógenos como *Vibrio*, están siendo utilizados como un indicador asociado a los efectos del cambio climático en los ecosistemas acuáticos y junto a otros microorganismos patógenos como *Salmonella* y *Shigella* entre otros, pueden llegar a ser fuentes potenciales de infecciones severas en forma directa, cuando el agua es utilizada para fines recreacionales, o indirectamente cuando están presentes en otros organismos como peces, crustáceos y moluscos que son consumidos por el hombre.

Área de Estudio

El Parque Nacional Laguna de Tacarigua

es un humedal marino costero, ubicado en la zona central costera del litoral venezolano a 10°11'30"-10°20'20"N y 65°41'10"-65°57'20"W, en los municipios Páez y Pedro Gual del estado Miranda-Venezuela, específicamente entre los ríos Cúpira y El Guapo. Separada del mar por una barra arenosa, se comunica con el mar por una estrecha abertura denominada boca localizada en la parte occidental de la laguna. Su principal aporte de agua dulce lo constituye el Río Guapo, también recibe agua de caños como Pirital, San Nicolás, San Ignacio y la quebrada Chaguaramal. Este sistema se divide en cinco ambientes o lagunas internas diferenciables de acuerdo a la topografía, características geográficas, geomorfológicas, fisicoquímicas y a la naturaleza de los sedimentos (Okuda, 1968; 1969; González, 1990).

La dinámica ambiental de la laguna de Tacarigua está determinada por los ciclos naturales estacionales de lluvias y sequía. El mes más húmedo es noviembre y el más seco marzo, por su localización y orientación en la zona costera, el parque está bajo la influencia de los vientos alisios del noreste [Conde, (1996); Córdova *et al.*, (2010)].

Materiales y Métodos

El trabajo se planteó a escala temporal y espacial, cuyo diseño involucró dos campañas de muestreo, ambas realizadas en períodos climáticamente diferentes. La primera en Junio 2009, el área estuvo afectada por lluvias muy escasas, debido al fenómeno climático El Niño y la segunda en Marzo 2011, se caracterizó por un periodo lluvioso dominado por el evento climático La Niña. Espacialmente incluyó las cinco lagunas internas,

distribuidas en 16 estaciones de muestreo (Figura 1), que abarcaron puntos críticos tales como: descargas de agua dulce y sedimentos, intercambio de agua salada, condiciones físico naturales particulares, vertidos domésticos y agrícolas y zonas ecológicamente contrastantes con características particulares que pudieran aportar información sobre la calidad bacteriológica del agua de la zona de estudio y sus fluctuaciones con los parámetros fisicoquímicos.

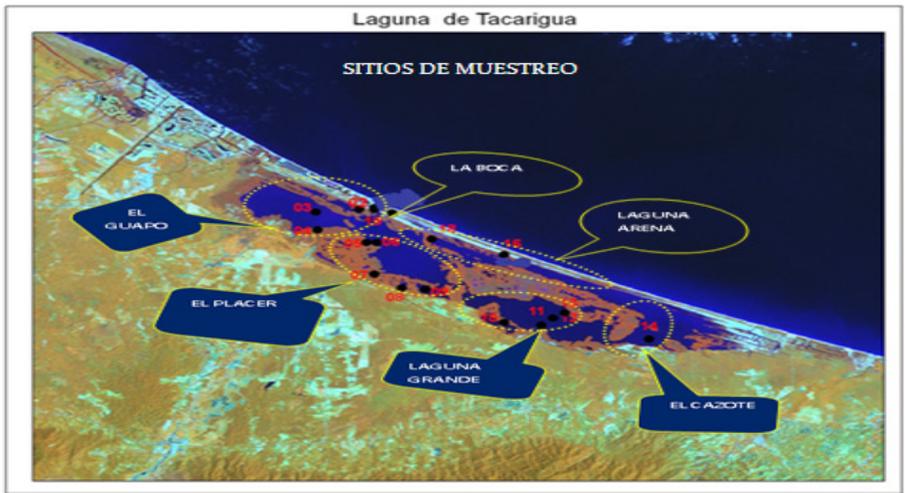


Figura 1. Estaciones de muestreo (16) en las cinco lagunas internas y el sector La Boca

Durante el trabajo de campo fueron medidos *in situ* los parámetros fisicoquímicos: pH, temperatura, salinidad y conductividad utilizando un equipo multiparametro (Horiba), la turbidez con un turbidímetro (Orion), la transparencia se determinó con el disco de Sechi y la profundidad con una vara de madera graduada en centímetros. Para los análisis microbiológicos se tomaron muestras *in situ* con frascos de vidrio

estériles a una profundidad de 20 cm. Las muestras captadas se mantuvieron en cavas con hielo, por un periodo no mayor de 6 horas y se procesaron en laboratorio móvil acondicionado para tal fin.

Para la determinación de microorganismos indicadores de calidad de agua (coliformes totales, fecales y enterococos) se utilizó el método de filtración por membrana (APHA

Standard Methods, 1998), para ello, se realizaron diluciones seriadas en solución salina al 0,85% y siembra sobre placas conteniendo como medio de cultivo Caldo Coliblu (coliformes totales y fecales) y agar esculina (enterococos), incubadas a 35°C por 24 horas, determinando así la abundancia, reportada en unidades formadoras de colonia por cien mililitros (UFC/100 ml).

Las bacterias heterótrofas se determinaron por el método de siembra por superficie en placas de agar tripticosa de soya (ATS), que fueron incubadas a temperatura ambiente por 24-48 horas y su abundancia se expresó en UFC.

Para la detección de *Vibrios*, una vez captadas las muestras se inocularon en caldo Tripticosa de soya (CTS) como medio de activación, e incubaron a temperatura ambiente, por un periodo de 6 horas. Posteriormente se sembraron sobre placas de agar selectivo tiosulfato citrato bilis sacarosa (TCBS) por la técnica de siembra por superficie. Las placas se incubaron a 35 °C entre 24-48 horas, se realizó el conteo y se determinó la abundancia expresada en UFC.

El tratamiento estadístico de los datos se realizó mediante un Análisis de redundancia para vincular el comportamiento de las variables fisicoquímicas con los indicadores microbiológicos en las localidades de estudio, usando para ello el paquete CANOCO, V.4.5 para Windows y la técnica de interpolación espacial (Kriging) para determinar los patrones de distribución de los indicadores microbiológicos, la cual se llevo a cabo con el paquete estadístico PAST V.2.16

, esta técnica parte del supuesto que las variables a estudiar tienen una relación con el componente espacial, generando un gradiente de la variable de estudio en función de la distancia.

Resultados y Discusion

Las mayores concentraciones de coliformes totales en junio 2009 se detectaron en Club Miami y Carambola, cuantificadas en 140 y 80 UFC/ 100 ml, respectivamente. En marzo 2011, las magnitudes fueron del orden de 10^9 a 10^5 en los sectores Madre Casaña, caño Pirital, El Mono, Laguna Grande, El Placer y El Guapo (Figura 2a). La presencia de coliformes fecales (CF) en Junio 2009 solo fue detectada en Club Miami en bajas concentraciones, contrario a Marzo 2011 cuyas magnitudes fueron 10^8 y 10^4 , en los sectores El Guapo y Madre Casaña respectivamente, lo cual evidencia la influencia de las descargas directas y constantes de efluentes de residuales domésticos y la inexistencia de plantas de tratamiento, valores que sobrepasan los límites exigidos por la normativa que regula las descargas a cuerpos de agua (Decreto 883), considerándolas como zonas de riesgo para la salud.

Conforme las descargas fluviales van aumentando, las concentraciones de coliformes fecales incrementan, corroborando la relación estacional que prevalece en el sistema, puesto que la influencia climática de las lluvias durante Marzo 2011 y disminución de la precipitación en Junio 2009 constituye una de las principales condicionantes en el comportamiento hidrológico del sistema lagunar [Malaver *et al.*, (2012)].

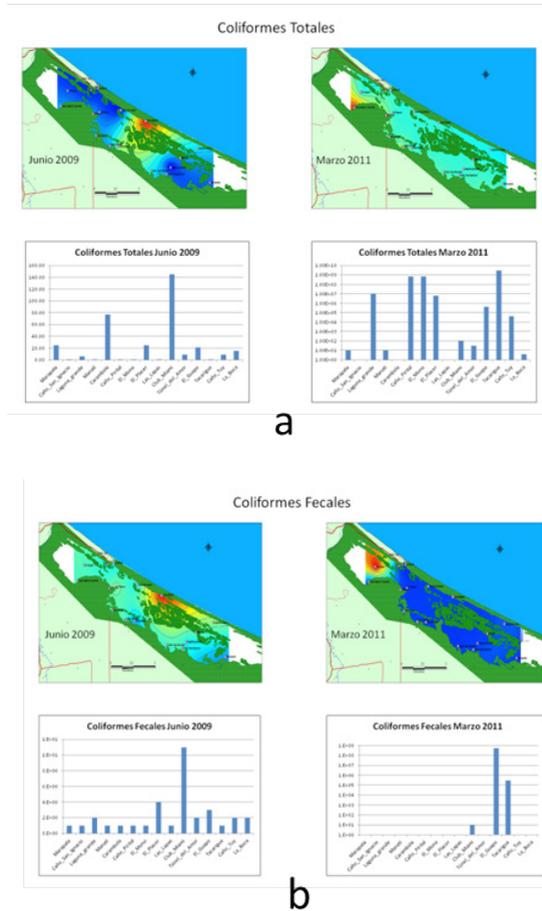


Figura 2. a y b Imagen del Parque Nacional Laguna de Tacarigua más la resultante del análisis espacial de coliformes totales y fecales Junio 2009 y Marzo 2011.

Los enterococos, mostraron altas concentraciones en junio 2009 oscilando éstas entre 10^8 en los sectores Carambola, Laguna Grande, Club Miami, Túnel del Amor, El Guapo y La Boca, 10^6 en Marapata y El Placer y 10^3 en Caño Tuy. Durante marzo 2011 estos organismos mostraron aumento en

sus concentraciones diferentes sectores (Marapata, Laguna Grande, Carambola), mantuvieron iguales concentraciones en el Placer, se detectaron en Caño Pirital, Las Lapas y El Mono (Figura 3) Los enterococos, son indicadores con alta tolerancia a condiciones ambientales adversas tales como:

variaciones drásticas de la temperatura, deshidratación, salinidad, luz solar, entre otros. En ambientes acuáticos y en suelos contaminados, los estreptococos fecales, son más persistentes que *E. coli*. De igual manera, en ambientes marino-

costeros los enterococos por su mayor tolerancia a la concentración salina y exposición a la luz solar, son mejores indicadores de contaminación fecal que los coliformes [Salas (2000); Malaver *et al.*, (2012)].

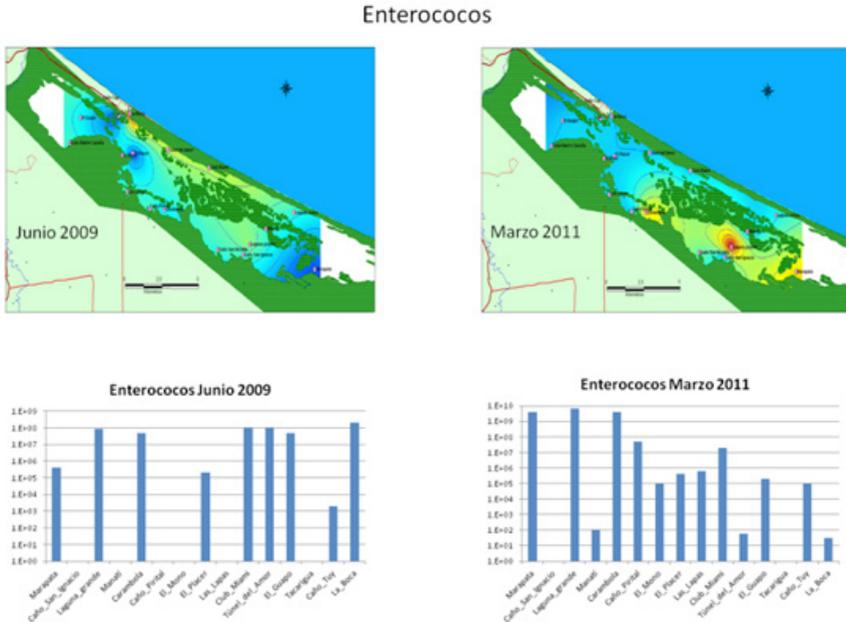
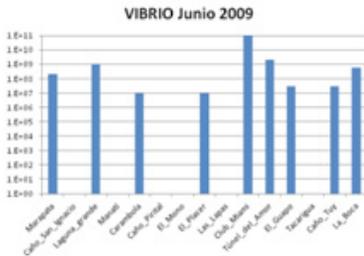
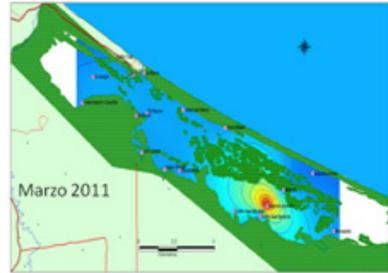
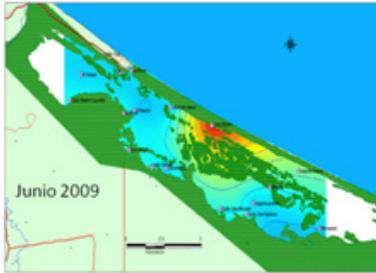


Figura 3. Imagen del Parque Nacional Laguna de Tacarigua más la resultante del análisis espacial de enterococos Junio 2009 y Marzo 2011.

En marzo 2011 se detectó la presencia de *Vibrio* en casi todos los sectores del complejo lagunar excepto en caño Pirital y Marapatá. Los valores oscilaron entre 10^6 y 10^2 . En junio 2009 la presencia de *Vibrio* se observa en menor número de sectores, pero en concentraciones más altas con respecto a marzo 2011, lo cual puede atribuirse a variaciones

de la lámina de agua por efecto de la variabilidad climática (ciclos de mayor o menos pluviosidad), que generan cambios en la salinidad, temperatura y pH, influyendo sobre la ecología y ciclo biológico de estos microorganismos [Malaver *et al.*, (2012)].

Vibrio



a

b

Figura 4. a y b. Imagen del Parque Nacional Laguna de Tacarigua más la resultante del análisis espacial vibrio Junio 2009 y Marzo 2011.

A este respecto Thompson *et al.*, (2004) y Tamerius *et al.*, (2007), plantean que la prevalencia y viabilidad de Vibrios en ecosistemas acuáticos está asociada a factores como la variabilidad climática, las condiciones fisicoquímicas del medio acuático y la asociación con el plancton, en ese sentido el surgimiento del plancton influye en la abundancia, distribución estacional y geográfica de estos organismos.

Para el caso particular de *Vibrio cholerae*, Tamerius *et al.*, (2007) sostienen que las combinaciones favorables de

temperatura, pH y salinidad del agua en ambientes marinos y estuarinos son factores que influyen en la ecología de este organismo. En estudios realizados para Latinoamérica la presencia de *Vibrio cholerae* no toxigenico en aguas costeras indica que los niveles reducidos de salinidad, las estaciones locales de lluvias, temperaturas elevadas e influencia de nutrientes favorecen su abundancia en estos ambientes (Fernández, 2010).

En cuanto a las bacterias heterótrofas, en junio 2009, los valores en las

concentraciones van desde 10^{14} a 10^{10} desde Marapata hasta la Boca. En marzo 2011 los valores registrados van desde 10^2 en Caño Pirital y Caño San Ignacio hasta 10^{10} en Madre Casaña (Figura 4). Las bacterias heterotróficas son indicadoras de calidad ambiental por su

abundancia en ambientes estuarinos y su actividad degradativa sobre la materia orgánica, utilizan el carbono como fuente de energía, cumpliendo un papel importante dentro de los procesos de ciclaje y transferencia de nutrientes en el ecosistema (Atlas y Bartha, 2002).

Heterótrofas

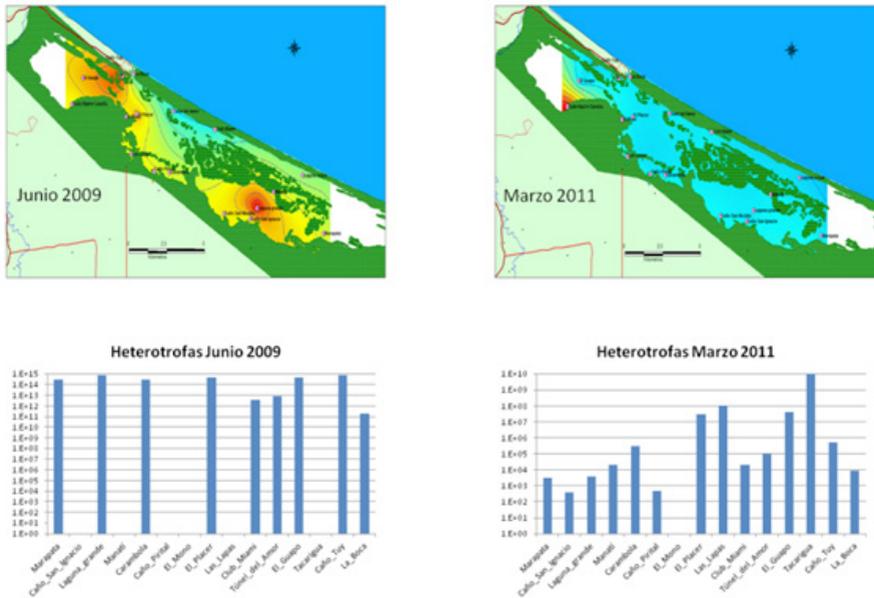


Figura 5. Imagen del Parque Nacional Laguna de Tacarigua más la resultante del análisis espacial de bacterias heterótrofas Junio 2009 y Marzo 2011.

Para vincular el comportamiento de las variables fisicoquímicas (variables causa) con los indicadores biológicos (variables efecto) en las diferentes localidades de estudio se realizó un análisis de redundancia, mostrados en las graficas: biplot bacterias y variables fisicoquímicas (Figura 6a), Biplot de Bacterias y Localidades (Figura 6b), Biplot de Localidades y Variables

Fisicoquímicas (Figura 7).

En el grafico biplot de las bacterias y variables fisicoquímicas (Figura 6a), se puede apreciar que las CT en junio del 2009 tienen una asociación positiva con la conductividad, temperatura y pH, mientras que la relación es inversa con la salinidad y la profundidad. *Vibrio* y CF en Junio 2009 no se vinculan con ninguna de las variables fisicoquímicas.

Los enterococos se vinculan de forma directa con la profundidad, e inversa con la conductividad y la temperatura. Las heterótrofas están medianamente asociadas con el pH y la profundidad. En Marzo 2011 se observó que los grupos bacterianos tienen un comportamiento diferente, las magnitudes de sus abundancias varían respecto a 2009. Donde los enterococos se constituyen como el grupo con mayor representación y relación inversa con todas las variables,

excepto con la temperatura. Los CF se mostraron vinculados con la salinidad, pH y profundidad. El resto de los grupos bacterianos tienen menor representación con menor magnitud. Las bacterias heterótrofas se mostraron medianamente asociadas al pH y la profundidad. Durante este periodo, las variables más asociadas a los grupos bacterianos fueron profundidad, salinidad, pH y temperatura.

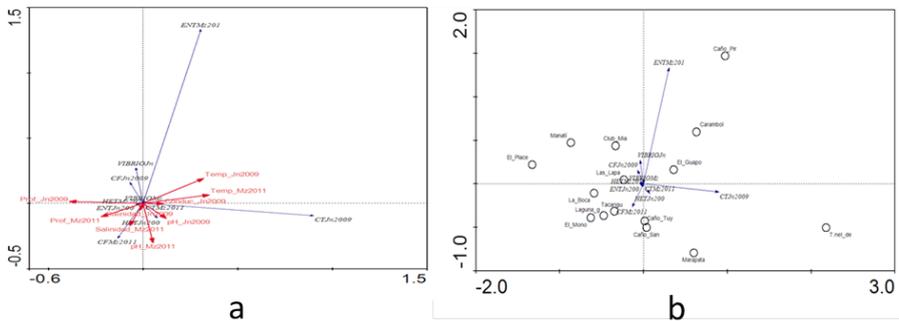


Figura 6. a) Biplot de Bacterias y variables fisicoquímicas, **b)** Biplot de Bacterias y Localidades

En el biplot de las bacterias y las localidades (Figura 6b), se observa para el Caño Pirital que los enterococos tienen una alta representación en marzo del 2011 y Carambola tiene una representación media, seguida por El Guapo. Los sectores: El Placer, Manatí, Club Miami tienen menor representación de enterococos. Las localidades Túnel del Amor y Marapata poseen una alta representación de CT en junio 2009. Los CF en este período se mostraron asociados a Club Miami, Manatí, Las Lapas, El Guapo, Carambola y Pirital, donde la variable que los conjuga es la

profundidad. Las localidades Madre Casaña, La Boca, Caño Tuy, Laguna Grande, El Mono y Caño San Nicolás mostraron a las heterótrofas como el grupo de bacterias dominantes durante junio de 2009. Estas bacterias mostraron una distribución más homogénea en todas las localidades con efecto marcado de la salinidad, pH y profundidad. El resto de los grupos tuvieron una baja representación en las diferentes localidades en los dos periodos de estudio. Gamboa *et al.*, (1971) y González (1985), encontraron que la salinidad al igual que

la temperatura, presentaban variaciones espaciales y estacionales, causadas por los aportes fluviales y la penetración marina, aumentando paulatinamente hacia el Este de la Laguna, que presenta zonas someras donde los efectos de la evaporación pudieran influir en los valores de salinidad. En general los valores de salinidad en los diferentes sectores de la Laguna varían de acuerdo con la estación climática, durante la época de lluvia aumenta el aporte de agua dulce disminuyendo la salinidad, en función de la cantidad de los aportes de agua dulce de los afluentes y de la intensidad de las lluvias (Olivo 2002). Otro factor determinante en las variaciones de salinidad es la dinámica de apertura y cierre de la boca.

Al observar el biplot de las localidades y las variables fisicoquímicas (Figura 7), las localidades Caño Pirital, Carambola, Túnel del Amor y El Guapo, presentan

valores altos de temperatura en ambos periodos. El Placer, Manatí, Las Lapas, Club Miami, La Boca, Madre Casaña, Laguna Grande y El Mono mostraron valores por encima del promedio de profundidad en los dos periodos de estudio. Mientras las localidades Caño Tuy, Caño San Nicolás y Marapata mostraron altos valores de pH en ambos periodos.

En ambos periodos, la temperatura tiene una relación directa, con un gradiente de asociación en las localidades Caño Pirital, Carambola, El Guapo, el Placer, Manatí, Club Miami y las Lapas y una relación inversa en Madre Casaña, Caño Tuy, la Boca, el Mono, Laguna grande, caño San Ignacio, Marapata y Túnel del Amor. En ambos periodos, estas mismas localidades asocian directamente con profundidad, salinidad, pH y conductividad.

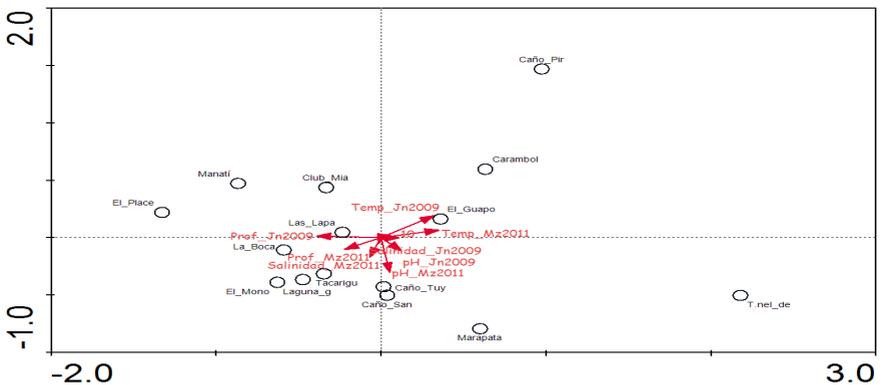


Figura 7. Biplot de Localidades y Variables Fisicoquímicas

Conclusiones

En este estudio, la mayor variabilidad de pH, salinidad, conductividad y temperatura se registró en Marzo, al igual que cambios en la profundidad, transparencia y temperatura, asociados a variaciones espaciales, temporales y cambios globales que podrían atribuirse a los eventos climatológicos del Niño y La Niña, los cuales causan perturbación al ecosistema lagunar.

Las variables que resultaron más significativas para permitir una interpretación ecológica, fueron la variación climática estacional lluvia y sequía, manifestando una influencia dominante en el comportamiento hidrobiológico, lo que indica que la dinámica natural de la laguna está influenciada por el ambiente físico además de otros factores que afectan las condiciones hidrodinámicas de estos ecosistemas.

La determinación de bioindicadores del grupo coliformes y enterococos en los ecosistemas marino-costeros tiene gran relevancia porque permite estimar su calidad bacteriológica y el potencial riesgo a la salud, bien por el uso del agua o por consumo de peces, crustáceos o moluscos provenientes de las mismas.

En general la calidad del agua de la laguna ha variado estacional y temporalmente, reportando niveles de CT y CF superiores a los límites permisibles por la legislación venezolana, por lo que constituyen un riesgo potencial para la salud de los pobladores, catalogando las aguas como de mala calidad.

Los resultados de esta investigación indicaron que condicionado por la variación climática e intervención

antrópica, en el complejo lagunar se establece un mosaico de microambientes con características particulares, que le confieren heterogeneidad espacial y temporal.

Se recomienda implementar programas de monitoreo (a corto, mediano y largo plazo) dirigidos a la conservación y sustentabilidad del humedal, que incluyan la cuenca del río Guapo, a fin de identificar las principales fuentes de aportes de contaminantes a los sistemas hídricos de dicha cuenca. Fomentar la participación de la comunidad en la solución de los problemas del PNLT, incluyendo programas de educación ambiental en todos los niveles de educación (formal, no formal). Mantener actualizada una base de datos con información sistematizada del Parque Nacional Laguna de Tacarigua, que sirva de herramienta para la formulación de acciones y estrategias dirigidas a la conservación y uso sustentable de este humedal.

Agradecimiento

Al Programa de Pequeñas Donaciones (PPD-PNUD) por el apoyo financiero otorgado al Proyecto PPD:VEN/SGP/OP4/Y3/RAF/15

Referencias Bibliográficas

APHA-AWWA-WPCF. (1998). Standard Methods for the examination of water and wastewater. 16th Ed. Washington, E.U.A.

Atlas, R.; Bartha, R. (2002). Ecología microbiana y ecología ambiental. Cap: 12: Aspectos ecológicos en el control del biodeterioro y en la gestión de

- suelos, residuos y agua. pp 459-570. En: *Ecología microbiana y Microbiología Ambiental*. 4ta. Ed. Addison y Wesley Editions, Madrid, España.
- Conde, J. (1996). Un perfil de la laguna de Tacarigua, Venezuela: una laguna estuarina costanera tropical. *Interciencia* 21(5): 293-298.
- Córdova, K.; Delgado, L.; Ramos, S.; Briceño, I. (2011). Anomalías en la temperatura superficial de cuerpos lacustres de aguas someras: caso Parque Nacional Laguna de Tacarigua. Congreso Venezolano de Geociencias, Memorias Digitales, [en línea], de <http://www.congresovenezolanodegeociencias.com>
- Fernández, M. (2010). Viabilidad y Supervivencia de *Vibrio cholerae* en ambientes marinos del Golfete de Cuare, estado Falcón. Tesis Doctoral. Universidad Simón Bolívar. 198 pp
- Decreto 883. (1996). Normas para la Clasificación y el Control de la Calidad de los Cuerpos de Agua y Vertidos o Efluentes Líquidos.. Gaceta Oficial de la República de Venezuela N°890. 50-62.
- Gamboa, B.; García, A.; Benítez, J.; Okuda, T. (1971). Estudio de las condiciones hidrográficas y químicas de la Laguna de Tacarigua. Boletín Instituto de Oceanografía. Universidad de Oriente. 10(2):55-72
- González, F. (1985). Productividad primaria del fitoplancton en la Laguna de Tacarigua (Edo. Miranda). Trabajo Especial de Grado. Escuela de Biología. Facultad de Ciencias. Universidad Central de Venezuela
- González, M. (1990). Parámetros ambientales de los sedimentos y la interfase en la Laguna de Tacarigua. Trabajo Especial de Grado. Escuela de Biología Facultad de Ciencias, Universidad Central de Venezuela. 213pp.
- Malaver, N.; Rodríguez, M.; Montero, R. (2012). Escenarios potenciales de afectación del cambio climático sobre el componente biótico y abiótico del ecosistema lagunar PNLT. Estrategias que contribuyan al desarrollo sostenible del sistema lagunar, en beneficio de la comunidad de Tacarigua de la Laguna". Informe Técnico del proyecto PNUD: VEN/SGP/OP4/Y3/RAF/15. Anexo Calidad del agua.
- Olivo, B. (2002). Identificación de Impactos Socioeconómicos en el Parque Nacional Laguna de Tacarigua y áreas adyacentes. Informe Final. INPARQUES. Caracas. 2-19.
- Okuda, T. (1968). Estudio comparativo de las condiciones hidrográficas de las lagunas de Unare y Tacarigua, Venezuela. *Laguna*. 17:15-24.
- Okuda, T. (1969). Estudio comparativo de las variaciones hidrológicas de las lagunas de Unare y Tacarigua, Venezuela. Memorando del Simposio Internacional de Lagunas Costeras, UNAM-UNESCO. México 1:291-300.
- Suárez M. 2002. Tendencia actual del estreptococo como indicador de contaminación fecal. *Revista Cubana de Higiene y Epidemiología* 40(1): 38-43.
- Tamerius, J.D.; Wise, E.K.; Uejio, C.K.; McCoy, A.L.; Comrie, A.C. (2007). Climate and human health: synthesizing environmental complexity and uncertainty. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment* 21, 601-613
- Thompson, J.; Randa, M.; Marcelino, L.; Tomita-Mitchell, A.; Lim, E; Polz,

M. (2004). Diversity and dynamics of a north Atlantic coastal *Vibrio* community. *Applied and Environmental Microbiology* 70, 4103-4110.

Salas, H. (2000). Historia y Aplicación de Normas Microbiológicas de Calidad

de Agua en el medio marino. Hojas de divulgación técnica del CEPIS N° 29-1985

Wilson, J. (1994). The rol of Bioindicators in Estuarine Management. *Estuaries*. 17:94-101.

APLICABILIDAD DE LAS ESTRATEGIAS DE INTEGRACIÓN CURRICULAR EN EDUCACIÓN AMBIENTAL EN UNIVERSIDADES DEL ESTADO ZULIA

Chirinos¹ Egleddy y Finol² María

¹Municipio Escolar Cabimas

²Universidad Experimental Rafael María Baralt. División de Postgrado.
finolprfunermb@hotmail.com

Resumen

La crisis ambiental que afecta al planeta, minimiza el desarrollo humano sustentable, esta realidad ineludible debe afrontarse desde diversas vías, una de ellas es la educación ambiental. El propósito de esta investigación fue analizar la aplicabilidad de las estrategias de integración curricular en Educación Ambiental en las universidades públicas del estado Zulia, a fin de proponer lineamientos estratégicos para fortalecerla. Esta investigación, con enfoque positivista, fue descriptiva- proyectiva, con diseño no experimental, transeccional de campo. Se aplicó la técnica de la encuesta utilizando un instrumento con alternativas de respuestas tipo Likert. Para su confiabilidad se aplicó el coeficiente de Alfa Cronbach con un resultado de 0,88. La muestra fue censal para la población de docentes, conformada por 12 sujetos, la población de estudiantes estuvo constituida por 684 individuos que cursaron la asignatura educación ambiental perteneciente a LUZ y UNERMB, la muestra utilizada fue de 253 sujetos, se calculó aplicando la fórmula de Sierra Bravo, Chávez (2007), usando la estadística descriptiva inferencial. Mediante el análisis e interpretación de los resultados, la aplicabilidad de las estrategias de integración curricular en Educación Ambiental en las universidades públicas del estado Zulia, se ubica en la categoría de adecuada para los docentes, pero los estudiantes, participantes activos de esta educación no comparten esta opinión, sus respuestas se ubicaron en la categoría medianamente adecuada. Tomando en consideración las respuestas dadas por los estudiantes se concluye que existen debilidades en las estrategias de integración curricular transversalista y complementarista.

Palabras clave: educación ambiental, desarrollo humano sustentable, transversalidad, complementariedad.

Introducción

La crisis ambiental que afecta al planeta ocasiona el deterioro de los ecosistemas, lo cual evidentemente afecta el desarrollo humano sustentable, esta realidad ineludible debe ser afrontada desde diversas vías, una de ellas es la Educación Ambiental (EA).

Por ello las universidades como instituciones de Educación Universitaria y conscientes de su responsabilidad como organizaciones promotoras del cambio en los patrones de uso de los recursos naturales, son necesarias y determinantes para abordar el problema local, regional, nacional, latinoamericano y planetario considerando a la EA como eje integrador del desarrollo humano sustentable. En este contexto, se debe propiciar en la y el estudiante una formación explícita, que permita al profesional asumir un rol social definido en los procesos de inclusión institucional, en las tareas de concertación, gestión y orientación ambiental. Curiel (2001), realizó una investigación denominada acciones estratégicas y políticas institucionales de formación Ambiental y sustentabilidad en el estado de Jalisco, México. Universidad Autónoma de Madrid. Esta investigación descriptiva en Educación Ambiental identifica hasta qué punto la Universidad de Guadalajara, México, ha sido capaz de impactar en la sustentabilidad de la investigación en Educación Ambiental en el territorio de Jalisco como dinamizadora del cambio social.

La EA es una herramienta valiosa para propiciar cambios culturales que exige la crisis ambiental desde un enfoque integrador, tomando en cuenta todas

las perspectivas económicas, sociales, ecológicas y éticas en la interpretación del ambiente. Según la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) la EA es el proceso que consiste en reconocer valores y aclarar conceptos con objeto de fomentar las aptitudes y actitudes necesarias para comprender y apreciar las interrelaciones entre el hombre, su cultura y su medio biofísico. Entraña también la práctica en la toma de decisiones y en la propia elaboración de un código de comportamiento con respecto a las cuestiones relacionadas con la calidad del medio ambiente.

Ante la crisis ecológica internacional, la EA surge como una alternativa necesaria y emergente para modificar de una u otra forma el comportamiento de los habitantes del planeta. El papel fundamental de la EA en la formación de valores, principios y en el desarrollo de la participación social fue uno de los aspectos más discutidos y de mayor relevancia en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Ambiente y Desarrollo, celebrada en Río en 1992 y en la reciente cumbre Rio + 20, donde se llegaron a diversos acuerdos, plasmados en un documento denominado: “El Futuro que Queremos”. En ese sentido, los estados miembros reiteraron su compromiso con el desarrollo sostenible global y afirmaron que el mundo tendrá que modificar su modelo de crecimiento basado en el consumo y la producción no sostenibles.

En consecuencia, en la EA es necesario aplicar una serie de estrategias que permitan la formación de actitudes y valores ambientales en la y el estudiante, impulsando a la vez la participación

activa en materia ambiental por parte de la ciudadanía. En ese sentido, la EA es, por esencia, interdisciplinaria en virtud de que requiere de una participación unitaria de diversas disciplinas o enfoques. Por ello, en estos tiempos de cambios tan acelerados, es una herramienta indispensable en la enseñanza formal. A través de la EA se estimula el desarrollo de habilidades de observación y de pensamiento, y se promueve la formación de una ciudadanía responsable.

Por consiguiente, se infiere que la EA es un proceso de aprendizaje dirigido a toda la población con el fin de motivarla y sensibilizarla para lograr un cambio de conducta favorable hacia el cuidado del ambiente, promoviendo la participación de todos en la solución de los problemas ambientales que se presentan.

Desarrollo Humano Sustentable

El desarrollo humano, siempre ha sido sesgado a través de la historia, en una u otra dirección, con una u otra perspectiva limitante que, algunas veces, dejan fuera de su vista aspectos centrales y fundamentales del mismo. Martínez (2009). El ser humano, como todo ser vivo, no es un gregado de elementos yuxtapuestos; es un todo integrado que constituye un suprasistema dinámico, formado por sistemas y subsistemas perfectamente coordinados: los subsistemas físico, químico, biológico, psicológico, social, cultural, ético-moral y espiritual; constituyen la totalidad, y su falta de integración o coordinación desencadena procesos patológicos de diferente índole: orgánica, psicológica y social.

Estrategias de integración curricular

Tomando en consideración los desafíos de la complejidad ambiental, es necesario entender la incorporación de la dimensión ambiental en el trabajo universitario como un proceso complejo, con una diversidad de dimensiones y temporalidades. Existen diversos ámbitos de funcionamiento de las universidades, con códigos de operación diferenciados.

En este sentido, según, Porlan (1991), los programas de licenciatura, como espacios en los que se están formando los futuros profesionales, o aquello donde las y los estudiantes empiezan a insertarse específicamente en una disciplina particular, surgen como uno de los ámbitos más importantes y estratégicos para la incorporación de la complejidad ambiental en la universidad, así mismo, se consideran estratégicos debido a su impacto en el número de personas sobre las que se trabajaría el tema ambiental.

Estrategias con Tendencia Adicionista

Considerada la estrategia más común empleada por las universidades, con el fin de introducir la materia ambiental en los planes de estudio y los diseños curriculares. En este sentido cuando se esquematiza la lógica de este modo de operar; se supone que el problema de los futuros profesionales o de las investigaciones disciplinares, en relación con los asuntos ambientales, consiste en una deficiencia de información (en el caso de los estudiantes de carreras profesionalizantes) o de incorporación de la variable ambiental (en el caso investigaciones o estudiantes de licenciaturas disciplinares) sobre temas ecológicas o ambientales.

En ese sentido, lo que deriva de este diagnóstico es la adición de cursos con los que se pretende despertar en las y los estudiantes la conciencia y responsabilidad profesional frente a la problemática ambiental, exhortándolos moralmente a cambiar las prácticas profesionales y de investigación para generar un adecuado desarrollo sustentable. En este sentido, resulta obvio que esa modalidad no toca el núcleo problemático del tipo de conocimiento que se construye, se enseña y se difunde desde la universidad. Por lo tanto, si consideramos tanto la complejidad de los problemas, como la rigidez de la institución universitaria, salta a la vista la insuficiencia de la estrategia. Podría decirse que el tipo de formación que resulta de esta estrategia es de una mayor información sobre las repercusiones ambientales de la actividad profesional particular, o aun sobre algunas medidas remediales a los impactos negativos propios de dicho ejercicio. Sin embargo, la lógica de operación del cuerpo disciplinar o profesionalizante sigue igual.

Leff (2000), señala que esta propuesta resulta simple, fragmentaria e inoperante para enfrentar los desafíos de la realidad compleja.

Estrategias con Tendencia transversalista

Según Leff (2000), esta segunda vía es un paso adelante de la tendencia adiconista, y por lo mismo considerada de mayor complejidad, tanto en su concepción como en su puesta en operación, esta tendencia consiste en incorporar las consideraciones ambientales al conjunto de los

momentos de la investigación, o a los cursos o seminarios que se ofrecen durante la formación por consiguiente, el autor plantea que esta tendencia parece ser la estrategia más acorde a las necesidades de comprensión y solución a los problemas, así mismo, tiene la ventaja de que los efectos ambientales de las posibles actividades de la profesión se analizan integradamente en el proceso mismo de formación. Esta vía de tratamiento del tema no excluye los cursos específicos sobre temas ambientales; al contrario, en este esquema, los momentos de reflexión exclusiva de la dinámica ambiental y sus puntos problemáticos, adquieren una pertinencia que no tiene en el esquema anterior de los cursos aislados.

Estrategias con tendencia complementarista

Esta tendencia o tercera vía ha procurado diseñar específicamente y ofrecer como opción profesional un programa de estudios en medio ambiente, desde la formación en grado de licenciatura. Es importante resaltar que esta propuesta se ha implementado en universidades Mexicanas, así como en otros países como España, Estados Unidos y Brasil, entre otros; donde se ha explorado esta opción con resultados más o menos similares.

Así, el diseño del plan de estudios se hace teniendo como horizonte la capacitación de los estudiantes en la comprensión de los problemas ambientales, y en el conocimiento de los recursos y herramientas técnicas, jurídicas y económicas fundamentales para la solución de los mismos.

La presente investigación, con

enfoque positivista, se orienta al método empírico-experimental, donde se persigue objetivamente manifestar la realidad sin modificarla [Hernández *et al.*, (2006)], tiene como propósito divulgar los resultados de la investigación específicamente al indagar la aplicabilidad de estrategias de integración curricular en la EA, en las universidades del estado Zulia.

Materiales y Métodos

El estudio se realizó en 2 universidades públicas del Estado Zulia, la población y muestra estuvo constituida por docentes y estudiantes de la Universidad del Zulia (Escuela de Educación) y Universidad Nacional Experimental Rafael María Baralt, (Programa de Educación), ambas ubicadas en la Costa Oriental del Lago, estado Zulia. La investigación se basó en un estilo Inductivo-Concreto, el cual tiende hacia un enfoque empirista, fundamentada en una percepción sensorial, con enfoque positivista. Así mismo, los resultados obtenidos fueron verificables aplicando la lógica en el análisis de los resultados. La misma se enmarca dentro del tipo descriptiva – proyectiva. A su vez, de acuerdo a la característica de estudio, el diseño fue no experimental-transeccional de campo, la búsqueda de la información se obtuvo directamente en las escuelas de educación de las universidades objeto de estudio, se aplicó un instrumento de recolección de datos tipo cuestionario dirigido a los docentes universitarios y reorientados a los estudiantes universitarios. El mismo

estuvo constituido por 48 ítems, los cuales miden sus dimensiones. A su vez, las alternativas seleccionadas fueron con una Escala tipo Likert, posterior a la aplicación de una prueba piloto permitió calcular la confiabilidad mediante la fórmula de Alfa Cronbach cuyo resultado fue de $r = 0.88$. Para esta investigación se aplicó la estadística descriptiva, la cual permitió la “descripción de la variable de estudio” que según [Hernández *et al.*, (2006)], se realiza a través del uso de las técnicas: medidas de tendencia central y de variabilidad. Para la primera técnica se utilizó la media o promedio aritmético (\bar{X}), medida que permitió la categorización de los ítems, de los indicadores, de las dimensiones, así como de la variable objeto de estudio. Para la interpretación se diseñó un baremo que permitió realizar la interpretación del promedio

Resultados y Discusión

El procesamiento y análisis de datos se realizó a través de la aplicación de la estadística descriptiva inferencial, la cual permitió la descripción de la variable de estudio, utilizando la media aritmética (\bar{X}), que permitió la categorización de los ítems, de los indicadores, de la dimensión, así como de la variable objeto de estudio. Asimismo se utilizó la desviación estándar, la cual permitió medir el grado de dispersión de las respuestas suministradas por los sujetos.

Tabla 1. Estrategias de integración curricular

DIMENSIÓN: ESTRATEGIAS DE INTEGRACIÓN CURRICULAR			
Indicadores	Tendencia adiconista	Tendencia transversalista.	Tendencia complementarista
Docentes	X = 4,22 s = 0,59	X = 4,17 s = 0,85	X = 3,86 s = 0,80
Estudiantes	X = 3,46 s = 1,08	X = 3,20 s = 1,17	X = 3,17 s = 1,05
Media aritmética general(X)	3,84	3,68	3,51

Fuente: Chirinos (2010)

Tabla 2. Categoría de análisis para la interpretación de la media aritmética (X)

RANGO	INTERVALO	CATEGORIA
1	$4.20 \leq X \leq 5.00$	Muy Adecuada
2	$3,40 \leq X < 4.20$	Adecuada
3	$2,60 \leq X < 3.40$	Medianamente adecuada
4	$1,80 \leq X < 2,60$	Medianamente inadecuada
5	$1,00 \leq X < 1,80$	Inadecuada

Fuente: Chirinos (2010)

La Tabla 1 muestra los resultados de la media aritmética obtenida tanto para los docentes como para los estudiantes objetos de estudio, en lo que respecta a la dimensión Estrategias de integración curricular, en el estadístico descriptivo del indicador Adiconista, se observa una clara diferencia entre las opiniones de los docentes con respecto a los estudiantes, mientras los docentes ubican al indicador con $X=4.22$, mediante la interpretación del baremo (Tabla 2); se sitúan en la categoría de muy adecuado, por su parte los estudiantes con $X=3.46$ se ubican en la categoría de adecuada.

Se concluye entonces según el baremo, presentado en la Tabla 2, para la interpretación de la media que los docentes consideran que

siempre los futuros profesionales se apoyan en teorías para tratar los problemas relacionados con los asuntos ambientales. Estos resultados son medianamente satisfactorios ya que elevado número de estudiantes no concuerda con las afirmaciones de los docentes. Al respecto, Porlan (1991), señala que la adición es con la que se pretende despertar en los estudiantes la conciencia y responsabilidad profesionales frente a la problemática ambiental, exhortándolos moralmente a cambiar las prácticas profesionales y de investigación.

En lo referente al estadístico descriptivo del indicador transversalista, en la Tabla 1 se muestra que los docentes promediaron una media de $X=4.17$,

lo cual indica que están aplicando la estrategia transversalista de manera muy adecuada, sin embargo, los estudiantes promediaron un puntaje para el indicador de $X=3.20$, lo cual refleja una disminución en la aplicación de estrategias transversalistas.

Realizando el análisis respectivo se concluye que los docentes universitarios con frecuencia revisan y evalúan los programas de las carreras universitarias con la finalidad de reformularlos curricularmente incluyendo los aspectos ambientales, analizan integralmente en el proceso de formación los efectos ambientales en las actividades de la profesión y en los momentos de reflexión grupal, abordan temas ambientales, considerando tanto los impactos ambientales positivos como negativos, que ocasionan sobre el medio. Sin embargo, tomando en consideración los resultados de los estudiantes estos no concuerdan con esta afirmación, ya que su media aritmética se ubica según el baremo de interpretación (Tabla 2) en la categoría medianamente adecuada.

Según Leff, E (2000), esta estrategia posee mayor complejidad, tanto en su concepción, como en su puesta en operación, la cual consiste en incorporar las consideraciones ambientales al conjunto de los momentos de la investigación, o a los cursos o seminarios que se ofrecen durante la formación del profesionista.

Con respecto a la estrategia complementarista, la Tabla 1 presenta su estadístico descriptivo, en el cual se destaca que la media para la muestra de docentes fue de $X=3.86$, significa, según el baremo, que la estrategias

complementaristas se implementan de forma adecuada. Sin embargo, la media aritmética de los estudiantes se promedió en $X=3.17$ lo cual permite interpretar que las estrategias complementaristas se aplican con poca frecuencia ya que se ubican en la categoría de medianamente adecuada. Es decir, según los estudiantes, los docentes muy poco diseñan planes de estudio para la capacitación de los estudiantes en la comprensión de los problemas ambientales, y de ningún modo proponen programas para dar a conocer las técnicas jurídicas como soporte para el estudio de los problemas ambientales, no hay la promoción de una formación profesional disciplinar específica donde el egresado se interese por los temas del ambiente, aún cuando los docentes dicen hacerlo.

Al respecto, Leff (2000) señala que las estrategias complementaristas se implementan teniendo como horizonte la capacitación de los estudiantes en la comprensión de los problemas del ambiente, y en el conocimiento de los recursos y herramientas técnicas, jurídicas y económicas fundamentales para la solución de los mismos.

En la Figura 1 se representa la media aritmética general observándose que la tendencia transversalista y complementarista, según el baremo de interpretación de la media aritmética (Tabla 2), no se aplican de manera muy adecuada, lo cual coincide con las afirmaciones realizadas por los estudiantes.

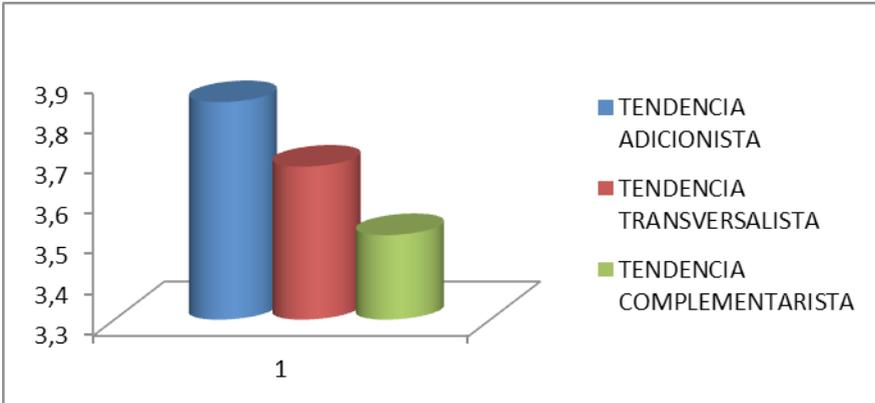


Figura 1: Representación gráfica de la media aritmética general de los indicadores de la dimensión Estrategias de integración curricular.

Fuente Chirinos (2010)

Conclusiones

Al indagar la aplicabilidad de las estrategias de integración curricular en la EA, se observa que tanto la estrategia adiconista como la transversalista y la complementarista se aplican en las universidades objetos de estudios adecuadamente, es decir, se están revisando los programas para incrementar aspectos ambientales, diseñando planes que permitan la capacitación en la comprensión de los problemas ambientales, promocionando herramientas que permitan la formación de profesionales críticos en cuanto al tema ambiental.

Sin embargo, en el análisis realizado en las universidades objeto de estudio, la aplicabilidad de las estrategias de integración curricular en EA, según el promedio obtenido por la muestra total, se ubica en la categoría adecuada según los docentes, no obstante, los estudiantes, quienes son actores en

diversos escenarios y participantes activos de esta educación, que los docentes llevan a cabo, no lo ven tan positivo, debido a que su opinión se ubicó en la categoría medianamente adecuada, dado que, según las respuestas, se observan debilidades en las estrategias de integración curricular transversalista y complementarista.

Agradecimiento

A Dios nuestro Ser Supremo.

Especial agradecimiento al Presidente de la República Bolivariana de Venezuela Comandante en Jefe Hugo Rafael Chávez Frías, por apoyar y confiar en el Talento Humano de nuestro país.

Al Ministerio de Ciencia Tecnología e Innovación por la creación del Programa de Estímulo al Investigador e Innovador (PEII), el cual ha permitido realizar proyectos de Investigación y con ello contribuir a solventar problemas ambientales en las comunidades. Al

MSc. en Ciencias del Ambiente, José Gregorio Salcedo, por su asesoría metodológica en las investigaciones realizadas.

Referencias Bibliográficas

Curiel, A. (2001). Acciones Estratégicas y Políticas Institucionales de Formación Ambiental y Sustentabilidad en el Estado de Jalisco, México. Tesis de Doctorado. Universidad Autónoma de Madrid.

Chávez, N. (2007). Introducción a la Investigación Educativa. Cuarta edición.

Chirinos, E. (2010). Educación ambiental como eje integrador del desarrollo humano sustentable. Tesis

Doctoral. Universidad Rafael Bellosó Chacín. Maracaibo 2010.

Hernández, R.; Fernández, C.; Baptista, P. (2006). Metodología de la investigación. Edit. McGraw-Hill. México

Leff, E. (2000). Saber Ambiental: Sustentabilidad, racionalidad, complejidad, poder. Siglo Veintiuno Editores. España.

Martínez, M. (2009). Dimensiones Básicas De Un Desarrollo Humano Integral, Revista De La Universidad Bolivariana, Volumen 8, Nº 23

Porlan, R. (1991). La construcción del conocimiento en las relaciones sujeto-ambiente. Fundación Universidad Empresa, UNED. Madrid.

LA ETNOMATEMÁTICA. UNA POSIBILIDAD EN LA PERSPECTIVA SOCIOCULTURAL DE LA EDUCACIÓN MATEMÁTICA

Martínez Oswaldo

Centro de Investigación para la Participación Crítica, Instituto
Pedagógico Rural El Mácaro (UPEL)
ommadail@gmail.com

Resumen

En las últimas décadas ha crecido el interés por darle preponderancia a la perspectiva sociocultural, en el ámbito de la Educación Matemática, particularmente para responder a estudios debidos a la Matemática practicada por grupos diferenciados. En este sentido, surge interés por concretar las bondades de esta perspectiva con miras a organizar un sustento teórico-referencial que permita la creación de un curso de Educación Matemática a ser incorporado en la transformación curricular del Programa de Educación Intercultural Bilingüe (PEIB) que, actualmente, desarrolla la Universidad Pedagógica Experimental Libertador, Instituto Pedagógico Rural El Mácaro (UPEL-El Mácaro) en pueblos y comunidades indígenas. Luego de analizar las bondades, a través de un análisis de contenidos realizado a los insumos obtenidos con apoyo de una investigación documental, se concretó la creación de dicho curso centrado en la Etnomatemática. Su elección fue debida al hecho permitir interconectar la Matemática escolar oficializada con la creada por los pueblos y comunidades indígenas, en función de procesos matemáticos propios, símbolos y modelos de razonamientos practicados por sus miembros en los diversos escenarios donde despliegan sus prácticas ancestrales. Sobre esta base, se abren espacios de acción para la construcción de Proyectos Educativos sustentados en el hecho de que la Matemática es un fenómeno cultural y en su enseñanza hay que trascender el uso de técnicas sin sentido y el carácter deshumanizado de su desarrollo. A tal efecto, se le da preponderancia a la cultura de los grupos sociales, a la luz de las potencialidades geométricas, aritméticas y algebraicas detectables en sus actividades de conteo, medición, diseño y otras actividades matemáticas de carácter universal que, como se sabe, subyacen en sus prácticas y en los objetos que diseña, construye, comercializa o usa.

Palabras clave: educación indígena, educación intercultural bilingüe, etnomatemática, perspectiva sociocultural.

Introducción

Plantearse cursos sobre Educación Matemática constituye un reto para cualquier instancia encargada de diseñarlos, desarrollarlos y evaluar su impacto sobre la base de los objetivos que persigan; más cuesta arriba resulta cuando los mismos están dirigidos a atender la educación de pueblos y comunidades indígenas, debido a su situación particular en los ámbitos políticos, económicos y, sobre todo, socioculturales. Lo cultural, en este caso, es clave debido a que “se reconoce que los pueblos autóctonos constituyen un patrimonio cultural de la Nación” (UPEL, 1987, p. 9) por el hecho de poseer un rico e importante potencial capaz de contribuir con el enriquecimiento y enaltecimiento de nuestra cultura, en todos los ámbitos. En tal sentido, es necesario preservarlo y para ello se requiere del aporte de múltiples instancias y de la puesta en escena de leyes, reglamentos, normativos y resoluciones que se han venido gestando y materializando en atención a este tipo de comunidades.

Aunque muchos de estos documentos se han mantenido en letra muerta, el tratamiento de la situación indígena venezolana se retoma a partir de lo establecido en la Constitución de la República Bolivariana de Venezuela (1999) y otros documentos que tienen que ver con la protección y promoción de las diversidades culturales y con la salvaguarda de los patrimonios culturales, mencionándose entre ellos los siguientes: Ley Orgánica de Pueblos y Comunidades Indígenas (2005), Ley de Idiomas Indígenas (2008) y la Ley

de Patrimonio Cultural de los Pueblos y Comunidades Indígenas (2009) donde se concretan derechos indígenas, libertades y, en estas leyes en particular, lo referido a los patrimonios culturales.

Para materializar el apoyo a estas comunidades y pueblos indígenas y darle vida a los textos contentivos de los documentos ya mencionados, la UPEL también ha venido desarrollando, desde hace más de veinte años (UPEL, 1987), el PEIB en sus sedes de los estados Amazonas, Apure, Anzoátegui, Bolívar, Delta Amacuro y Zulia. Hasta ahora ha atendido y profesionalizado a un importante número de docentes indígenas que están al servicio de diferentes grupos étnicos de Venezuela. El Plan de Estudios del PEIB data del año 1987 y para la fecha no ha sufrido cambio legal alguno y no es sino hasta el año 2011 donde se plantea un proceso de transformación curricular en toda su estructura, lo cual toca hasta los cursos de Matemática previstos en su malla curricular. A tal efecto se han establecido discusiones entre docentes, estudiantes del Programa y autoridades de esos pueblos y comunidades, incluyendo miembros de la zona tales como los sabios. Tales discusiones reportan variadas decisiones pero todas ellas se concentran en mantener la esencia indigenista en torno a sus perspectivas de vida y toma de decisiones sobre la base del consenso. En todo caso, pretenden darle no sólo protección al patrimonio cultural indígena, el cual está constituido, entre otros, por sus conocimientos y creaciones, sino dinamizar la preservación, difusión, defensa, trasmisión, fomento e

investigación de ese patrimonio material e inmaterial, tangible e intangible, por ser elementos de la diversidad de las expresiones culturales y ser portadores de identidad, valores y significados (Martínez Padrón, 2009a).

Al momento de tratar tales especificidades siempre aflora la necesidad de abordar la enseñanza bajo nuevas maneras. En el caso de la Matemática, siempre se discute la obligatoriedad de trabajarla tomando en cuenta contextos, objetos y prácticas propias de cada comunidad, reportándose la necesidad de construir experiencias de aprendizaje, concretas y situadas, diseñadas con apoyo de la Matemática que subyace en los diferentes objetos que construyen, usan y comercializan esos pueblos. Sus prácticas ancestrales también son tomadas en cuenta, siempre y cuando no se generen repercusiones negativas en las tradiciones, expresiones históricas, cosmologías y todo su proceso cultural. En tal sentido, se aboga por la construcción de actividades que tomen en cuenta quehaceres, obligando al intercambio de saberes indígenas en el marco de los programas de educación. Como la finalidad del marco jurídico apunta a fomentar la divulgación, difusión y transmisión de las diversas manifestaciones culturales de los pueblos y comunidades indígenas venezolanas, la posibilidad de concretar experiencias desarrolladas desde la Etnomatemática constituye un reto para quienes trabajan por el mejoramiento de la Educación Matemática en Venezuela, pues, aunque abundan detalles sobre los beneficios que genera en los grupos socioculturalmente diferenciados, no es tradición investigar en esta área, así como tampoco se ha

encontrado la existencia de programas de Educación Matemática, a nivel de Pregrado, que estén centrados en la Etnomatemática. Para este caso, resulta cuesta arriba, incluso, encontrar prácticas investigativas concretas que indiquen sobre las bondades de este programa de investigación, a pesar de que permite establecer interconexiones entre la Matemática escolar oficializada y la creada y usada por los grupos. En virtud del proceso de transformación curricular que en este momento se gesta en la UPEL, esta investigación materializa una propuesta de curso, centrado en la Etnomatemática, que toma esta interconexión pero con la Matemática que le es propia a los pueblos y comunidades indígenas atendidos mediante el PEIB, en Venezuela. En tal sentido, se esbozó el programa, en referencia, cuyo objetivo es proponer un curso de Educación Matemática, dentro de la malla curricular del PEIB, orientado a concretar experiencias de aprendizaje sustentadas en procesos propios, símbolos, jergas, mitos y modelos de razonamientos matemáticos practicados por grupos socioculturalmente diferenciados y atendidos por este programa.

Materiales y Métodos

La propuesta de curso nace luego de realizar una investigación documental sustentada en el análisis de contenidos de producciones investigativas y experiencias de varios autores tales como D'Ambrosio (1985); D'Ambrosio (2005); D'Ambrosio (2006); Skovsmose (1999); Bishop (1999); Blanco (2008);

Oliveras (1995); Oliveras (2002) y Gerdes (2004). También emerge de: (a) una actividad de campo coordinada por las siguientes instancias de la UPEL: el Núcleo de Investigación en Educación Matemática Dr. Emilio Medina (NIEM), el Centro de Investigación para la Participación Crítica (CIPaC) y la Coordinación Nacional del PEIB; y (b) una experiencia del autor durante el proceso de revisión, evaluación y concreción de lineamientos para la construcción de la Ley de Patrimonio Cultural de los Pueblos y Comunidades Indígenas (2009) en atención a invitaciones realizadas por la Comisión de Pueblos y Comunidades Indígenas de la Asamblea Nacional venezolana.

La actividad de campo consistió en visitar varias escuelas ubicadas en poblaciones indígenas asentadas en el estado Amazonas, en el año 2010, lo cual permitió hacer observaciones de aula al momento de enseñarse contenidos matemáticos a estudiantes de la educación primaria y entrevistar tanto docentes indígenas que laboran en esa zona como a autoridades regionales de educación, a fin de hacer unas primeras conexiones para abrir espacios propiciatorios de cursos e investigaciones en el campo de la Etnomatemática. De aquí surgió una propuesta de capacitación pedagógica para atender a dichos docentes que cubrió áreas tales como lengua, pedagogía indígena, mapeo socio-lingüístico y Etnomatemática, según experiencia reportada por Magro Ramírez (2010); Martínez Padrón (2009b) y Martínez Padrón (2012).

Los participantes de esta capacitación fueron docentes indígenas originarios de

comunidades tales como la Jiwi, Piaroa, Piapoco y Ye'kuana que laboran en Escuelas Básicas del estado Amazonas. En relación con la capacitación en Etnomatemática, la misma se centró en la construcción de Proyectos de Aprendizaje alumbrados por el uso de objetos y prácticas como vías para recolectar, identificar y sistematizar conocimientos y saberes matemáticos ancestrales que le son propios.

Previo a lo anterior, este autor también participó en un proceso de revisión de la Ley de Patrimonio Cultural de los Pueblos y Comunidades Indígenas, vislumbrando elementos relacionados con conocimientos asociados a técnicas tradicionales, usos, prácticas, costumbres, representaciones, medicina tradicional, artes, trajes, símbolos, diseños, arquitectura y otras que por su contenido constituyen expresiones culturales autóctonas (Ley de Patrimonio Cultural de los Pueblos y Comunidades Indígenas, 2009) que pueden ser útiles para concretar actividades, a la luz de los elementos matemáticos que subyacen en tales elementos patrimoniales.

En correspondencia con estas experiencias y en respuesta al proceso de transformación curricular de la UPEL, fueron emergiendo nuevas ideas hasta que germinó un proyecto factible que tiene pendiente su desarrollo y materializado en una propuesta de programa de un curso de Educación Matemática, denominado Etnomatemática, a incorporarse en el PEIB. Tal proyecto se apoyó tanto en la investigación documental como en el trabajo de campo previamente esbozado.

Resultados y Discusión

El resultado de esta experiencia investigativa se corresponde con una propuesta de programa de un curso sobre Etnomatemática cuyo foco de acción obliga a explorar la Matemática usada fuera de la escuela, tomando en cuenta contextos, aspectos socioculturales de la clase y la escuela, y particularidades de los docentes y sus estudiantes, según su procedencia. Eso forzó a buscar alternativas para atender la diversidad cultural de las aulas y para evitar, según Oliveras (2005), las consideraciones monoculturales que siguen caracterizando a las actividades de la gran mayoría de las escuelas de todo el mundo. Por tanto, la propuesta aboga para que los Proyectos a desarrollarse, bajo estas pautas, sean considerados como aptos para el desarrollo del currículum en la educación intercultural. Desde esta perspectiva, tales proyectos se convertirían en apoyo didáctico para la labor docente que se desarrolla en estos pueblos y comunidades indígenas. En consecuencia, se hace necesario abordar nuevos detalles en relación con la Etnomatemática y sus bondades, así como esbozar ciertos elementos curriculares que fueron tomados en cuenta para su concreción.

La Etnomatemática

El término Etnomatemática fue acuñado por Ubiratán D'Ambrosio para hacer referencia a la Matemática practicada por grupos tales como agricultores, costureros, vendedores de frutas, médicos, constructores de viviendas, criadores de cerdos, comunidad de matemáticos, comunidades indígenas y otros tantos que se identifican por

objetivos y tradiciones comunes (D'Ambrosio, 2005). Eso indica que toma en cuenta procesos matemáticos propios, símbolos, jergas, mitologías y modelos de razonamientos practicados por sus miembros (D'Ambrosio, 1985), lo cual no excluye la instituida en la escuela o en las Universidades (Mtetwa, 1992).

La Etnomatemática tiene mucha utilidad como programa de investigación dado que permite explorar la Matemática utilizada fuera de la escuela por grupos como los previamente señalados, por lo que es posible observar diferencias entre la usada por economistas, algebristas, constructores de viviendas, vendedores de flores, grupos de costureras e, incluso, la usada por un *Shamán*, pues, en cualquiera de estos casos, de seguro, se dan prácticas donde se hacen, por ejemplo, mediciones o procesos de conteo que pueden diferir de un grupo a otro. En este sentido, la cultura aritmética, geométrica o algebraica debida a las actividades cotidianas de determinados grupos socioculturales, puede tener elementos variantes e invariantes, lo cual es propicio para concretar experiencias de aprendizaje que atiendan la diversidad.

Entre los objetivos que se persiguen al trabajar con la Etnomatemática está el de poder integrar la Matemática con otras formas del conocimiento para así utilizar las prácticas de cada uno de los grupos culturales que convergen en las aulas de clase. De esa manera, el aula se convierte en un espacio para producir/construir conocimientos/saberes no aislados de la dinámica cotidiana de los miembros de cada grupo. Eso obliga a no llegar al aula

con programas previamente elaborados, sin antes abrir espacios para construirlos a partir del contacto con la comunidad.

El curso de Etnomatemática

Diseñar un curso obliga a considerar muchos elementos curriculares, entre los que se destaca su fundamentación, objetivos, contenidos, competencias a lograr, estrategias, recursos y referencias. Aquí sólo se esbozan algunos de ellos.

Fundamentación del Curso

La Educación Intercultural se sustenta en la búsqueda de una educación democrática y equitativa dirigida a ofrecer oportunidades a una sociedad multicultural, donde se aspira formar talentos con competencias para vivir respetuosamente y para enfrentarse a los procesos de cambio que la sociedad actual impone (Magro Ramírez, 2010).

En el caso específico de la educación orientada a los pueblos y comunidades indígenas, la Constitución de la República Bolivariana de Venezuela (1999), en su capítulo VIII, subraya que dichos pueblos tienen derecho a una “educación propia y a un régimen educativo de carácter intercultural y bilingüe, atendiendo a sus particularidades socioculturales, valores y tradiciones”. También tienen derecho a mantener y promover sus propias prácticas y a que se les proteja su “propiedad intelectual colectiva de los conocimientos, tecnologías e innovaciones”. Por tanto, quienes tienen la responsabilidad de enseñar en esos ambientes deben orientarse por tales preceptos, así como reconocer y tomar en cuenta la diversidad cultural que converge en las aulas donde labora. Además, deben valorar y analizar, críticamente, la realidad donde ejerce

su rol de docente ya que, en muchos casos, suelen estar aislados del mundo circundante [Magro Ramírez, (2010); Martínez Padrón, (2012)].

Lo anterior conduce, entre otras innovaciones, a poner en escena una Educación Matemática desde diversas cosmovisiones, valores, saberes y prácticas sociales que impregnen la cotidianidad desde una epistemología y una didáctica que exige incorporar y profundizar en la Etnomatemática, a fin de establecer relaciones entre la Matemática escolar y la de los grupos culturales donde se desarrolla [D’Ambrosio, (2005); D’Ambrosio (2006)], incluyendo ideas, perspectivas y prácticas de individuos en diversos grupos culturales.

Objetivos del curso

General

Propiciar el estudio de prácticas matemáticas usadas por los diferentes grupos socioculturales que conforman a los pueblos y comunidades indígenas venezolanas, en función de sus sistemas simbólicos involucrados, diseños particulares, técnicas de construcción; métodos de cálculo, medición y diseño; formas específicas de razonamiento e inferencia; y otras actividades donde se involucren factores cognoscitivos, metacognitivos, afectivos, actuacionales y sociales que puedan traducirse a representaciones de la Matemática formal, desde la perspectiva de la interculturalidad.

Específicos

Analizar el sustento legal que reconozca valore y analice, críticamente, la diversidad y el patrimonio cultural,

y la realidad donde se desarrollan las acciones de los sujetos que forman parte de los pueblos y comunidades indígenas. Reflexionar sobre la relación entre conocimientos matemáticos, cultura y sociedad, según las prácticas utilizadas por los miembros de determinados grupos socioculturales al momento de tener contacto con su realidad inmediata. Producir conocimientos y saberes desde la perspectiva intercultural, estableciendo conexiones entre la Matemática y las prácticas desarrolladas por grupos socioculturalmente determinados. Incorporar la enseñanza de la Matemática desde diversas cosmovisiones, valores, saberes y prácticas sociales, a fin de establecer relaciones entre esta rama del saber y los grupos culturales donde se desarrolla el proceso de enseñanza-aprendizaje-evaluación

Analizar las bondades de la Etnomatemática como vía para conocer y comprender el conocimiento matemático en diferentes grupos socioculturales, tomando en cuenta ideas y prácticas ancestrales.

Incorporar, en el PEIB, materiales pertenecientes a los diferentes espacios socioculturales, valorizando el potencial de conocimientos matemáticos que subyacen en las prácticas y objetos propios de los pueblos y comunidades indígenas.

Elaborar unidades didácticas sustentadas en proyectos integrados que permitan producir o construir conocimientos matemáticos con significado y contextualizados, partiendo de la Matemática que subyace en las prácticas cotidianas relevantes de los diferentes grupos socioculturales que confluyen en

el aula.

Instar a la producción de investigaciones centradas en la Etnomatemática cuya meta sea la de comprender situaciones y producir soluciones a los problemas característicos del entorno inmediato de los sujetos que constituyen los diferentes grupos socioculturales que convergen en el aula.

Los contenidos conceptuales previstos en el curso son los siguientes:

Constitución de la República Bolivariana de Venezuela.

Ley de Patrimonio Cultural de los Pueblos y Comunidades Indígenas.

Significados de la Matemática en la sociedad.

Conexiones entre Matemática y prácticas en grupos socioculturales determinados.

Cultura y Etnomatemática.

Etnomatemática: alcances e importancia en el ámbito de la Educación Matemática
Conexión entre la Matemática escolar y la utilizada por los grupos socioculturales, al momento de desarrollar sus prácticas.

Actividades matemáticas universales.

Proyectos integrales como recursos pedagógicos: elementos caracterizadores, importancia, construcción, alcance, puesta en práctica y evaluación.

Construcción de materiales educativos centrados en la Etnomatemática.

Investigación en Etnomatemática.

En cuanto a las estrategias previstas para poner en marcha el curso hay que advertir que las especificaciones suelen ser muy variadas y dependerán del conocimiento didáctico-matemático que posea el docente al momento de conducir el programa propuesto. En todo caso, la atención debe estar centrada en la

construcción de proyectos de aprendizaje donde se aprecien, reconozcan, analicen y caractericen patrones, formas geométricas, procedimientos matemáticos y actividades que den cuenta del contar, medir, diseñar, localizar, explicar, clasificar, ordenar, inferir o modelar, por ser consideradas como universales [Bishop, (1999); D'Ambrosio, (2005)]. En todos los casos, han de tomarse en cuenta las nociones o conceptos matemáticos presentes en los diversos objetos y prácticas propias de estos grupos socioculturales que son atendidos. Algunos detalles para la construcción de tales proyectos aparecen descritos en Martínez Padrón (2009b) donde indica que los mismos deben estar pensados como materiales formativos derivados del contexto multicultural donde se lleva a cabo la acción docente. En tal sentido, tienen que emerger de la cotidianidad de los grupos donde pertenecen los estudiantes y para su elaboración debe tomarse en cuenta el contexto social de la escuela, los aspectos socioculturales de la clase y las particularidades de cada estudiante.

Conclusiones

Trabajar con la Etnomatemática en los espacios escolares es importante en la medida que permite integrar la Matemática con las prácticas de cada uno de los grupos socioculturales que concurren a los salones de clase. De esa manera, un programa mediado desde la Etnomatemática debe centrarse en actividades eminentemente prácticas, en función de las necesidades ambientales, afectivas, sociales y culturales que le

son propias a los grupos. Siendo así, debe invitar a convertir el aula de clase en un espacio propicio para producir conocimientos y construir saberes matemáticos no aislados de la dinámica cotidiana de los miembros de cada grupo sociocultural.

Lo anterior obliga a que el rol del docente deber estar signado por la presentación de situaciones-problemas que establezcan las condiciones necesarias para que cada uno de sus estudiantes gestione resoluciones en función del compendio de información cultural que posea, según sus experiencias de vida. En este sentido, el docente debe gerenciar diferentes formas de abordar soluciones que deberán someterse a la discusión grupal, hasta concretar procedimientos más expeditos, y sus bondades, en la obtención de los resultados correspondientes.

En consecuencia, quienes desarrollen este programa deben estar capacitados no sólo para reconocer la diversidad cultural correspondiente a su pueblo o comunidad, sino para valorar y analizar, críticamente, la realidad donde acontecen sus acciones profesionales. En este sentido, hay que garantizar una Educación Matemática relacionada con las diversas cosmovisiones, valores, saberes y prácticas de los grupos culturales, propugnando la búsqueda de elementos matemáticos ancestrales y de lenguajes utilizados para la concreción y difusión entre sus miembros.

Referencias Bibliográficas

Bishop, A. (1999). *Enculturación matemática: la educación matemática desde una perspectiva cultural*, (trad. G.

- Sánchez Barberán. Barcelona: Paidós Ibérica.
- Blanco, H. (2008). Entrevista al profesor Ubiratán D'Ambrosio. *Revista Latinoamericana de Etnomatemática*, [en línea], 1(1): 21-25, de <http://www.etnomatematica.org/v1-n1-febrero2008/blanco.pdf>.
- Constitución de la República Bolivariana de Venezuela (1999). En *Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela* N° 5453. Poder Legislativo de Venezuela.
- D'Ambrosio, U. (1985). *Ethnomathematics and its place in the history and pedagogy of mathematics. For the Learning of Mathematics*. 5(1): 44-48.
- D'Ambrosio, U. (1998). *Etnomatemática: Arte ou tecnica de explicar e conhecer*. Sao Paulo: Editorial Ática.
- D'Ambrosio, U. (2005). *Etnomatemática. Elo entre as tradições e a modernidades*. Coleção Tendências em Educação Matemática. Brasil: Autêntica Editora
- D'Ambrosio, U. (2006). *Um mini-guia sobre Etnomatemática*. Documento digitalizado, no publicado.
- Gerdes, P. (2004). *Etnomatemática. Una introducción bibliográfica. Perspectiva escolar*, 284. 52-57. Publicación de Rosa Sensat. Barcelona.
- Ley de Idiomas Indígenas (2008). En *Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela* N° 38981. Poder Legislativo de Venezuela.
- Ley de Patrimonio Cultural de los Pueblos y Comunidades Indígenas (2009). En *Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela* N° 39115. Poder Legislativo de Venezuela.
- Ley Orgánica de Pueblos y Comunidades Indígenas (2005). En *Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela* N° 38344. Poder Legislativo de Venezuela.
- Magro Ramírez, M. (2010). *Propuesta de capacitación para los docentes indígenas del estado Amazonas*. Documento digitalizado, no publicado y producido desde el Vicerrectorado de Docencia del la UPEL-Gobernación del estado Amazonas.
- Martínez Padrón, O. (2009a, en prensa). *A propósito de la ley de patrimonio cultural de los pueblos y comunidades indígenas*. UPEL Cultural.
- Martínez Padrón, O. (2009b). *Fundamentación, objetivos, contenidos y evaluación del curso de Etnomatemática*. Documento digitalizado, no publicado y producido desde el Centro de Capacitación para le Educación Crítica: UPEL-EI Mácaro.
- Martínez Padrón, O. (2012). *An Ethnomathematic training experience on Venezuelan indigenous teachers*. *Journal of Mathematics and Culture*, [en línea]. Focus Issue ICEM 4. 6(1): 286-395, de <http://nasmgem.rpi.edu/journal-mathematics-culture-volume-6-number-1-focus-issue-icem4>.
- Mtewa, D. K. J. (1992). *Matemática y Etnomatemática: Punto de vista de los estudiantes de Zimbabwe*. *Boletines ISGen*, [en línea]. 7 (1), de <http://web.nmsu.edu/~pscott/isgems71.htm>.
- Oliveras, M. L. (1995). *Artesanía andaluza y Matemáticas. Un trabajo transversal con futuros profesores*. *Revista Uno. Revista de* . 6 (2): 73-84. Graó: Barcelona.
- Oliveras, M. L. (2002). *Etnomatemáticas y educación matemática Universidad de Granada, España*, [en línea], de

Etnomatemática.univalle.edu.co /
articulo/oliveras1.pdf.

Oliveras, M. L. (2005). Microproyectos
para la educación intercultural en
Europa. Revista Uno: Revista de . 38:
70-81.

Skovsmose, O. (1999). Hacia una

filosofía de la educación matemática
crítica (Trad. P. Valero). Bogotá: Una
empresa docente.

Universidad Pedagógica Experimental
Libertador, Vicerrectorado de Docencia
(1987). Diseño curricular: Educación
intercultural bilingüe. Caracas: Autor.

PERTINENCIA DE LOS ESTILOS DE APRENDIZAJE EN EL XXVI FESTIVAL JUVENIL REGIONAL DE LA CIENCIA - CAPÍTULO CARABOBO - SECCIONAL COJEDES

¹Bravo Rosa, ¹Basso Sharon, ¹Santana Milagros, ²Álvarez Ruth, ¹Morales
Rosa

¹Facultad Experimental de Ciencias y Tecnología-Universidad de
Carabobo

²Facultad de Ciencias de la Salud-Universidad de Carabobo
pachasr@gmail.com

Resumen

Esta investigación tuvo como finalidad evaluar la pertinencia de los estilos de aprendizaje en el autoconocimiento, las creencias duraderas y los recuerdos de eventos recientes de estudiantes, docentes y tutores de educación secundaria participantes en el Festival Juvenil de la Ciencia 2012. Es un estudio de campo, cuantitativo, de tipo descriptivo. Se aplicó el Inventario de Estilos de Aprendizaje de Kolb, debido a que es un instrumento de comprobada confiabilidad, de rápida aplicación y evaluación, considerando la duración e intensidad del evento. La muestra estuvo conformada por 46 sujetos, de ambos géneros, en edades comprendidas entre 14 y 60 años. Se analizaron los datos con el paquete estadístico SPSS 12.0 for windows, obteniéndose que el 45,7% de la muestra resultara ser asimiladores, 34,8% divergentes, 10,9% convergentes y 8,7% acomodadores, respectivamente. Esto implica que los estilos de aprendizaje predominantes corresponden a estudiantes y profesores-tutores creativos, socializadores, de pensamiento inductivo, emocionales, emprendedores y de perspectivas de pensamiento abiertas y diversas. Se concluye, que la mayoría de los individuos participantes en el Festival mostraron un perfil como promotores de la socialización y transmisión de ideas y conocimientos, en concordancia con los lineamientos de la UNESCO, orientados al logro del mejoramiento de la calidad de vida, bienestar y felicidad de la personas en un ambiente educativo no formal, además de reconocer las debilidades del evento para tomar las medidas necesarias para garantizar la inclusión de participantes con estilos de aprendizajes orientados hacia las áreas técnicas, tecnológicas y gerenciales.

Palabras clave: estilos de aprendizaje, autoconocimiento, pertinencia y calidad de vida.

Introducción

El concepto Estilo de Aprendizaje se refiere al conjunto de características psicológicas que suelen expresarse conjuntamente cuando una persona debe enfrentar una situación de aprendizaje; en otras palabras, las distintas maneras en las cuales un individuo puede aprender, cómo cada persona emplea un método particular de interacción, aceptación y procesamiento de estímulos e información.

Conocer el estilo de aprendizaje ayuda al individuo a entender su situación de aprendizaje para así potenciar sus habilidades y desarrollar sus debilidades de manera que el individuo sea capaz de dirigir su propio liderazgo desde su proceso de formación profesional, al mismo tiempo que le permite observar de manera objetiva su entorno con un pensamiento crítico.

Objetivos de la investigación

Objetivo General

Evaluar la pertinencia de los estilos de aprendizaje en el autoconocimiento, las creencias duraderas y los recuerdos de eventos recientes de los participantes en el XXXVI Festival Juvenil Regional de la Ciencia - Capítulo Carabobo - Seccional Cojedes.

Objetivos Específicos

Determinar el estilo de aprendizaje de los asistentes en el XXXVI Festival Juvenil Regional de la Ciencia - Capítulo Carabobo - Seccional Cojedes.

Analizar la concordancia entre los estilos de aprendizaje de los asistentes y las características de los jóvenes, profesores-tutores y otros participantes en el XXXVI Festival Juvenil Regional

de la Ciencia - Capítulo Carabobo - Seccional Cojedes.

Autoconocimiento

El conocimiento del yo interno ha sido considerado el aspecto central del comportamiento humano por más de trescientos años. Más recientemente, el concepto de inteligencia emocional, es decir de la capacidad de manejarse uno mismo y de manejar las relaciones con los demás, ha sido identificada como uno de los factores más importantes del éxito entre líderes y directivos.

Goleman (1997), citado por Whetten (2005) establece que el autoconocimiento representa un aspecto crucial de la inteligencia emocional y es más poderoso para pronosticar el éxito en la vida que el coeficiente intelectual, toda vez que promueve interacciones con los demás más eficaces y profundas, al mismo tiempo que ayuda a obtener un conocimiento más profundo del potencial individual al contribuir con valor en nuestras funciones de carreras futuras y nuestras fortalezas especiales en relación con los demás.

Whetten (2005), por su parte, considera que el conocimiento de uno mismo comprende tres aspectos: el autoconocimiento, la introspección y la comprensión de uno mismo, lo cual a su vez redundaría en el funcionamiento productivo personal e interpersonal de una persona, y en la comprensión y empatía hacia otras. En otras palabras, reconocer nuestros propios dones y fortalezas especiales a fin de capitalizar nuestros talentos.

Por otra parte, Carl Rogers (1984) propuso que el autoconocimiento y la aceptación de uno mismo son requisitos

previos para la salud psicológica, el crecimiento personal y la capacidad de conocer y aceptar a los demás. Asimismo considera que la autoestima es una necesidad básica del ser humano. El autoconocimiento tiene cuatro áreas fundamentales para desarrollar una administración exitosa, que son: valores personales, estilo de aprendizaje, orientación hacia el cambio y orientación interpersonal. Para los efectos de este trabajo, prestaremos atención únicamente al área de estilos de aprendizaje debido a que la manera de lograr el éxito es el continuo aprendizaje, considerando que el conocimiento es lo más importante para sostener una ventaja competitiva.

Aprendizaje

Se puede definir *Aprendizaje* como un proceso social y cultural, a través del cual se adquieren y/o modifican habilidades, destrezas, conocimientos, conductas o valores como resultado del estudio, la experiencia, la instrucción, el razonamiento y la observación. De esta manera, se asimila información nueva y se adoptan, o no, nuevas estrategias de conocimiento y acción.

Escuelas Psicológicas que sustentan las Teorías del Aprendizaje

Entre las escuelas psicológicas de mayor influencia en el ámbito educativo se encuentran: el conductismo, el cognitivismo y el constructivismo.

Conductismo

Se trata del estudio de la conducta, más no de los actos psíquicos del individuo, entendiéndose conducta como la actividad externa y observable Ríos (2005). Maqueo (2006), establece que esta corriente nace a principios del siglo XX y se caracteriza por concentrarse

en el estudio de la conducta humana, negando así la existencia de los procesos mentales dado que no son observables.

Uno de sus principales exponentes fue John Watson, quien, según Ríos (2005) definió a la psicología como una ciencia natural cuyo objetivo era describir, predecir y controlar la conducta, que a su vez está constituida por estímulos y respuestas, que no son más que reacciones del organismo. No negó la existencia de procesos psíquicos internos, sólo sostuvo que no se podían estudiar científicamente por cuanto no eran observables.

A principios del siglo XX, Iván Pavlov estableció que el aprendizaje era el resultado de un condicionamiento, es decir que se produce una repuesta a un estímulo. A este descubrimiento se le llamó Condicionamiento Clásico.

De acuerdo con Good y Brophy (1996), Thorndike y Skinner complementaron los experimentos de condicionamiento clásico de Pavlov, dando origen al Condicionamiento Instrumental u Operante, el cual implica una respuesta voluntaria a partir de la consecuencia. En otras palabras, si las consecuencias son positivas, se producirá la respuesta; si el individuo reconoce que la consecuencia es negativa, no habrá respuesta.

Bandura se destacó por ser promotor del *aprendizaje social* ya que postulaba que la conducta humana se debía describir en términos de la interacción recíproca entre determinantes de orden cognitivo, conductuales y ambientales. Es decir, que el reforzamiento es importante, pero las capacidades de la mediación humana permiten la producción y uso de la respuesta.

Cognitivismo

A pesar de que para la década de los años 50 aún permanecía vigente el conductismo, surge nuevamente el interés por el funcionamiento de la mente humana, dando así origen al estudio científico de los procesos cognitivos inobservables y determinar su relación con la conducta observable. El cognitivismo intenta determinar cómo ocurre el aprendizaje basándose en los procesos cognitivos que se cree ocurren en el interior del educando.

Ríos (2005) postula que el cognitivismo trata de comprender la conducta humana a partir de la manera en que los individuos utilizan, transforman y reproducen la información suministrada por el medio ambiente o del interior, con el propósito de generar, ejecutar, corregir, la acción en el proceso.

Maqueo (2006), por su parte, considera que el sujeto en este modelo es activo dado que elabora sus representaciones - imágenes, símbolos, ideas, esquemas - producto de sus relaciones con el medio que le rodea, para luego organizarlas dentro de su conocimiento.

Pozo (1999) sostiene que Ausubel propone una nueva visión la cual pone énfasis en que el aprendizaje ocurre cuando el individuo es capaz de relacionar la información nueva con su conocimiento previo, de manera pertinente y consistente, respondiendo de esta manera a sus inquietudes, interrogantes e intereses. Este aprendizaje se denominó Aprendizaje Significativo ya que permite al estudiante utilizar lo aprendido para resolver problemas así como para enfrentarse situaciones nuevas y efectuar nuevos aprendizajes.

Ausubel da importancia a los factores afectivos y sociales del aprendizaje. Asimismo afirma que la estructura cognoscitiva existente en el momento del aprendizaje influye positivamente en este proceso.

Constructivismo

Es un enfoque afín con el cognitivismo, el cual establece que el individuo construye sus ideas en función del medio que le rodea, a través de la interacción individuo - ambiente. En otras palabras, la realidad no es única y verdadera, sino que existe como consecuencia de la interacción sujeto - medio, lo que la hace inter-subjetiva. De allí que el constructivismo sustenta que durante el proceso de aprendizaje el conocimiento no existe en forma externa al educando, sino que es construido internamente a través de la reflexión, basándose en las propias experiencias del mismo. En otras palabras, el aprendiz construye su propio significado del mundo en que vive.

Según Carretero (1997) el constructivismo no es un mero producto del ambiente ni un simple resultado de sus disposiciones internas, sino una construcción propia que se va produciendo día a día como resultado de la interacción entre los aspectos cognitivos y sociales del comportamiento.

De acuerdo con Good y Brophy (1996), para Piaget el conocimiento no es más que una interpretación activa de los datos de la experiencia a través de unas estructuras o esquemas previos, los cuales son invariables y, en consecuencia, evolucionan a partir de las funciones básicas de la asimilación y la acomodación; en otras palabras, la interacción entre el organismo y el

medio ambiente.

Díaz-Barriga y Hernández (2005) plantean la existencia y prevalencia de procesos activos en la construcción del conocimiento, en donde el sujeto cognitivo a través de su labor constructiva aprovecha lo que le ofrece el entorno.

Maqueo (2006) plasma la idea de Hernández Rojas sobre el rol que tiene la actividad autoestructurante y constructivista del estudiante en las actividades académicas. Afirma que en este modelo la educación es activa, basada en el estudiante y la creación de un ámbito escolar que resulte estimulante para él. Asimismo sostiene que los conocimientos personales, la actitud y la habilidad del maestro para enseñar son aspectos importantes para que el estudiante aprenda a construir su conocimiento.

Good y Brophy (1996) plantean que Vygotsky, considerado uno de los precursores del constructivismo social, propone al individuo como el resultado del proceso histórico-social, donde el lenguaje desempeña un papel esencial, al mismo tiempo que considera que el conocimiento es un proceso de interacción entre el sujeto y el medio, entendiendo medio como el ambiente social y cultural. En otras palabras, consideraba al aprendizaje como construcciones sociales del conocimiento.

Pozo (1999) propone que para Vygotsky el hombre no se limita a responder a los estímulos, sino que actúa sobre ellos, transformándolos, gracias a la mediación de instrumentos que le permiten modificar los estímulos.

A partir de los postulados de Vygotsky

se propone el Aprendizaje Cooperativo como medio para la construcción social del conocimiento, el cual establece que la interacción con otras personas juega un rol importante en el desarrollo intelectual del estudiante. Así se entiende el aprendizaje como la construcción de conocimiento a partir de la negociación de significado con otras personas en un ambiente democrático, de respeto y diálogo, dando cabida a la relatividad de los saberes y permitiendo así el enriquecimiento del conocimiento.

Teoría del aprendizaje experiencial de Kolb

El estilo de aprendizaje se refiere a la inclinación que cada persona tiene de percibir, interpretar y responder la información de una manera determinada. Este estilo de aprendizaje está basado en dos dimensiones claves: 1) la forma en que el individuo hace acopio de la información y 2) la forma en la que el individuo actúa y evalúa en relación a la información (Whetten, 2005).

La teoría de los Estilos de Aprendizaje de Kolb se basa en una perspectiva holística que combina, experiencia, percepción, cognición y comportamiento. El resultado es un modelo del proceso de aprendizaje que es consistente con la estructura de la cognición humana y las etapas de crecimiento y desarrollo humano. Según este autor, el aprendizaje es concebido como un ciclo de cuatro etapas: Habilidades de Experiencia Concreta, Habilidades de Observación Reflexiva, Habilidades de Conceptualización Abstracta, y Habilidades de Experimentación Activa. Los aprendices para ser efectivos necesitan desarrollar estas cuatro etapas.

Estilos de Aprendizaje

El concepto *Estilo de Aprendizaje* se refiere al conjunto de características psicológicas que suelen expresarse conjuntamente cuando una persona debe enfrentar una situación de aprendizaje; en otras palabras, las distintas maneras en que un individuo puede aprender. Se cree que una mayoría de personas emplea un método particular de interacción, aceptación y procesado de estímulos e información.

Para Whetten (2005), el estilo de aprendizaje se refiere a la manera en que cada persona percibe, interpreta y responde a la información de una manera determinada. Este autor considera que el estilo de aprendizaje se basa en dos dimensiones clave: 1) la manera en que se acumula la información, y 2) la forma en que se evalúa y actúa en relación a la información.

De acuerdo con Kolb (2005), citado por Whetten (2005), los individuos encuentran información, se inclinan a concentrarse y a aprender de ciertos tipos de estímulos más que de otros, al mismo tiempo que reaccionan a dicha información conforme a la manera en que tratan de entenderla e interpretarla. La mayoría de los individuos desarrollan estilos de aprendizaje que enfatizan algunas habilidades de aprendizaje sobre otras, como resultado de su carga hereditaria, su experiencia de vida particular, y las exigencias de su medio ambiente. Kolb identifica cuatro tipos prevalentes de estilos de aprendizaje:

Convergente

Conceptualización Abstracta y la Experimentación Activa.

Su fortaleza es poner en práctica y

aplicar las ideas, son poco emocionales y prefieren tratar con objetos antes que con personas. Tienden a especializarse en las ciencias físicas.

Divergentes

Experiencia Concreta y la Observación Reflexiva.

Su fortaleza consiste en la habilidad imaginativa. Tienen excelente habilidad para visualizar situaciones concretas a partir de perspectivas y organizar relaciones dentro de un significado “Gestalt”. Los divergentes muestran interés en las personas. Exhiben tendencia a ser imaginativos y emocionales. Este estilo caracteriza a personas dedicadas a las carreras de humanidades y arte liberal.

Asimiladores

Conceptualización Abstracta y la Observación Reflexiva.

Su mayor fortaleza consiste en la habilidad para crear modelos teóricos. Tal como los convergentes son pocos interesados en las personas y más involucrados con conceptos abstractos, pero muestran poco interés en el uso práctico de las teorías. Este estilo de aprendizaje es característico en personas dedicadas a la matemática y ciencias básicas más que a las ciencias aplicadas.

Acomodadores

Experiencia Concreta y la Experimentación Activa.

Su mayor fortaleza es la habilidad para realizar actividades, llevar adelante planes y experimentos e involucrase en nuevas experiencias, “asumir riesgos”, se adaptan, son impacientes. Se inclinan por la educación técnica y en áreas prácticas como los negocios.

Inventario de Estilos de Aprendizaje de Kolb

Inventario de Estilos de Aprendizaje de Kolb (2005). Este test está formado por doce (12) reactivos que exploran las cuatro categorías de estilo de aprendizaje: Experiencia Concreta (EC), Observación Reflexiva (OR), Conceptualización Abstracta (CA) y Experimentación Activa (EA) en dos dimensiones Convergente - Asimilador y Divergente - Acomodador.

Sus virtudes principales son:

El cuestionario es breve y rápido de responder, haciéndolo útil para investigar y discutir los procesos de aprendizaje.

El test está diseñado para que los individuos respondan en la misma forma en que lo harían en una situación de aprendizaje. Ésto requiere que ellos resuelvan las tensiones entre las orientaciones: abstracto - concreto y activo - reflexivo.

La medición del estilo de aprendizaje predice el comportamiento de forma consistente con la teoría del aprendizaje experiencial.

El inventario es auto administrado e interpretado por los mismos participantes.

Materiales y Métodos

Tipo de estudio

La investigación es un estudio de campo cuantitativo, de tipo descriptivo. Se aplicó el Inventario de Estilos de Aprendizaje de Kolb debido a que es un instrumento de comprobada confiabilidad, rápida aplicación y evaluación, considerando que el evento tuvo una duración de tres días intensivos,

de ponencias y carteles de trabajos científicos, tecnológicos y humanísticos de estudiantes de diversificado (1^{ro} a 5^{to} año de bachillerato), y como novedad, la inclusión de estudiantes de primaria - específicamente de 5^{to} y 6^{to} grado - y un grupo de estudiantes de 1^{er} semestre de la carrera de Física de la Facultad Experimental de Ciencias y Tecnología de la Universidad de Carabobo.

La muestra, conformada por 46 sujetos, masculinos y femeninos, en edades comprendidas entre 14 y 60 años, se tomó durante un ejercicio de aplicabilidad en un Taller de inducción con el propósito de darle a conocer a los participantes a qué se refiere los estilos de aprendizaje y cómo un individuo puede descubrir, descifrar y registrar la información de manera determinada, en el marco del XXXVI Festival Juvenil Regional de la Ciencia - Capítulo Carabobo - Seccional Cojedes.

Los datos recopilados a través del instrumento "Inventario de Estilos de Aprendizaje" de Kolb, se analizaron usando el paquete estadístico SPSS 12.0 for Windows, obteniendo los resultados que se muestran en la Tabla 1 y la Figura 1, respectivamente.

Tabla 1. Estilos de Aprendizaje según el Inventario de Estilos de Aprendizaje de Kolb

Estilo	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Acomodador	4,00	8,70	8,70	8,70
Asimilador	21,00	45,70	45,70	54,40
Convergente	5,00	10,90	10,90	65,30
Divergente	16,00	34,80	34,80	100
Total	46	100	100	

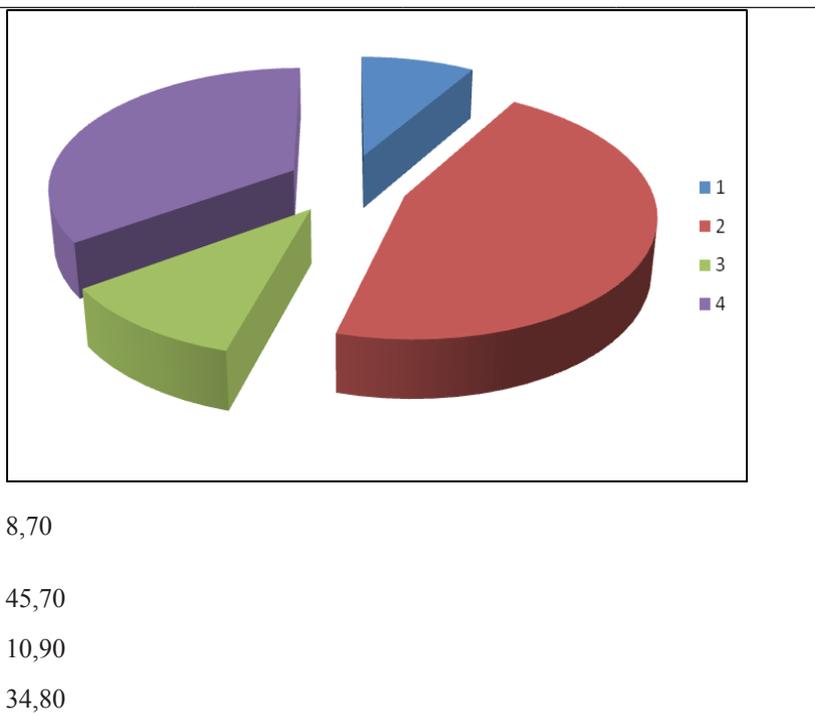


Figura 1. Resultados del Instrumento “Inventario de Kolb” aplicado en el evento (año 2012)

Conclusiones

Los resultados indicaron que el 45,7 % de la muestra son individuos asimiladores, lo que significa que estas personas presentan calificaciones dominantes en las dimensiones Observación Reflexiva y Conceptualización Abstracta. Son personas capaces de recibir amplia información y de presentarla de manera concisa, coherente y lógica, son poco sociables.

El 34,8 % resultó ser divergentes. En otras palabras, son personas que presentan calificaciones dominantes en las dimensiones Experimentación Concreta y Observación Reflexiva, indicando ello que les gusta la interacción personal, son creativos y de mente abierta y capaces de generar ideas con diferentes perspectivas.

El 10,9 % resultó ser convergentes. Es decir, presentan calificaciones dominantes en las dimensiones Conceptualización Abstracta y Experimentación Activa, resuelven problemas a partir de ideas y teorías, son poco sociables y aplican ideas y resuelven problemas que tengan respuestas correctas.

Y por último, el 8,7 % son acomodadores, es decir, son personas que presentan calificaciones dominantes en las dimensiones, Experimentación Abstracta y Experiencia Concreta, son altamente sociables y les gusta resolver problemas a partir de la interacción con otras personas, toman riesgos y son capaces de adaptarse a diversas situaciones a partir de su intuición más que por análisis lógico.

Se pudo comprobar que sí existe una relación directa entre los estilos de

aprendizaje y los participantes en el evento cónsono al beneficio de toda la comunidad.

Referencias Bibliográficas

- Carretero, M. (1997). *Constructivismo y Educación*. Editorial Progreso. México.
- Díaz Barriga A., Frida y Hernández R., G. (2005). *Estrategias docentes para un aprendizaje significativo. Una interpretación constructivista*. McGraw-Hill/Interamericana Editores, S.A. de C.V. 2^{da} edición. México.
- Good T., & Brophy J. (1996). *Psicología Educativa Contemporánea*. McGraw-Hill/Interamericana Editores, S.A. de C.V. México. Traducido de la 6^{ta} edición en inglés de *Contemporary Educational Psychology*. Longman Publishing. United States.
- Maqueo, A. M. (2006). *Lengua, aprendizaje y enseñanza. El enfoque comunicativo: de la teoría a la práctica*. Editorial LIMUSA, S.A. de C.V. Grupo Noriega Editores. México.
- Morris C. G. & Maisto, A. A. (2005). *Psicología*. Duodécima edición. Pearson Educación de México, S. A. de C. V. México. Traducido por: María Elena Ortiz Salinas.
- Real Academia Española - RAE - (2006). *Diccionario Esencial de la Lengua española*. Espasa Calpe, S.A. Impreso en España.
- Ríos C., P. (2005). *Psicología: La aventura de conocernos*. Editorial Texto. Caracas - Venezuela.
- Rogers, C. R. (1984). *El proceso de convertirse en persona. Mi técnica terapéutica*. Ediciones PAIDÓS Ibérica, S. A. Barcelona - España. Traducido por: Liliana R. Wainberg.

Santrock, J. W. (2001). *Psicología de la Educación*. McGraw-Hill/Interamericana Editores. S.A. de C.V. 1^{ra} edición. México.

Santrock, J. W., González, H. & Francke, M. (2004). *Introducción a la Psicología*.

McGraw-Hill/Interamericana Editores. S.A. de C.V. 3^{ra} edición. México.

Whetten, D. A. & Cameron, K. S. (2005). *Desarrollo de Habilidades Directivas*. Pearson Educación. Sexta Edición.

PROMOCIÓN DE ESTRATEGIAS INNOVADORAS LÚDICAS PARA LA ENSEÑANZA DE LA DIVISIÓN EN NÚMEROS NATURALES EN LA ESCUELA BÁSICA ALICIA DE MEDINA

Peña Aura
UPEL
aurisabelita@hotmail.com

Resumen

El objetivo de la investigación es promover el aprendizaje de la división de números naturales, basado en estrategias lúdicas contextualizadas en la realidad de los estudiantes del 6to grado de la Escuela Bolivariana Alicia Tremont de Medina, Punto Fijo, estado Falcón, año escolar 2010-2011; El estudio se realizó bajo enfoque de investigación acción participativa. La propuesta está constituida por una unidad didáctica, entendiéndola como una planificación globalizada que le proporciona al docente acciones estratégicas secuenciales, que orientan el proceso de aprendizaje y evaluación, en función de aprendizajes en cuanto a la división de números naturales, el cual está contenido en lo establecido en el Currículo Bolivariano Nacional. La misma conjuga actividades lúdicas con el desarrollo de cálculos de divisiones a lo largo de sus cinco sesiones, cada una con una finalidad, de establecer recursos, actividades, estrategias, tiempo y procedimientos, para el logro de los objetivos trazados. En cuanto a los resultados obtenidos en el desarrollo de la innovación educativa; El efectivo uso de estrategias lúdicas en el proceso de aprendizaje contribuye al desarrollo inconsciente de los mismos; debido que a través de éstas, se hace consciente al estudiante del momento en el cual aplica sus conocimientos y los transfiere a situaciones propias de la vida cotidiana, pero que además son divertidas y amenas; Para la obtención de los resultados se emplearon registros de observaciones y escalas de estimación, además que se realizó una triangulación.

Palabras clave: estrategias, lúdicas, división, aprendizaje, números naturales.

Introducción

La didáctica educativa actual requiere de la invención creativa del docente, en cuanto a las estrategias de enseñanza, aprendizaje y evaluación que se diseñen, planifiquen y ejecuten dentro y fuera del aula. La enseñanza de la matemática y la operación básica de la división no puede basarse simplemente en la ejercitación y memorización de procedimientos y algoritmos, sino que debe concebirse como parte de la vida cotidiana del niño a través de la programación de juegos y de problemas que se les presente diariamente. Al respecto Alsina (2008), manifiesta que el juego tiene un carácter de diversión y pasatiempo, justificando el recelo existente en cuanto a su uso en la enseñanza, aunque el autor reconoce esas aseveraciones invita a los docentes a ampliar la concepción de las actividades lúdicas en la enseñanza e insiste en la semejanza existente entre la matemática con ésta actividad. Muy personalmente se defiende el uso pedagógico del juego tanto en la matemática como en las demás áreas del saber que se desarrollan en las aulas de las escuelas básicas y medias, pues éste le dará un carácter divertido y ameno propicio para el aprendizaje, la convivencia y las relaciones afectivas que se desarrollan en el aula de clases.

La unidad didáctica presentada es una planificación que le proporciona al docente acciones estratégicas secuenciales, que orientan el proceso de enseñanza, aprendizaje y evaluación, en función de aprendizajes en cuanto a la división de números naturales, inmerso en lo establecido en el Currículo Bolivariano Nacional. La misma conjuga actividades lúdicas con

el desarrollo de cálculos de divisiones a lo largo de sus cinco sesiones, cada una con una finalidad, recursos, actividades, estrategias, tiempo y procedimientos específicos para el logro de los objetivos trazados.

Objetivo General

Promover el aprendizaje de la división de números naturales, basado en estrategias lúdicas contextualizadas en la realidad de los estudiantes del 6to grado de la Escuela Bolivariana Alicia Tremont de Medina, Punto Fijo – Estado Falcón, año escolar 2010-2011.

Objetivos Específicos

Diseñar estrategias lúdicas para el proceso de aprendizaje de la división de números naturales, con el apoyo de la Comunidad Educativa de la Escuela Bolivariana Alicia Tremont de Medina. Efectuar la división de números naturales haciendo uso de los criterios de divisibilidad y tablas de dividir, valorando la importancia de seleccionar estrategias adecuadas en situaciones cotidianas y de juego.

Evaluar el impacto cognitivo y social de la aplicación de las estrategias lúdicas en el contexto seleccionado.

Materiales y Métodos

Según la Universidad Pedagógica Experimental Libertador UPEL (2005), “ el estudio ejecutado está catalogado como una investigación acción participativa, ya que pretende resolver un problema concreto en el 6to grado sección “E” de la Escuela Bolivariana Alicia Tremont de Medina, con el fin de optimizar la práctica educativa en

el contexto seleccionado. Así pues, la investigación adopta un tipo de investigación acción participativa y cuyo diseño es interpretativo- cualitativo, pues se recolectan datos del contexto para ser interpretados y descritos tal cual se experimentan en la realidad. Adicionalmente, para la obtención de resultados del desarrollo de la propuesta, en todas las sesiones se emplearon registros en escalas de estimación de frecuencias de las plenarias co-evaluativas entre grupos de estudiantes, autoevaluaciones y hetero-evaluaciones, igualmente, una prueba final individual en la última sesión.

En este orden de ideas, para Díaz Barriga (2002) “las estrategias de enseñanza son los procedimientos que el agente de enseñanza utiliza en forma reflexiva y flexible para promover el logro de aprendizajes significativos en los alumnos”. De igual forma, Barone (2004) “Establece que son las acciones organizadas y utilizadas por los maestros para originar cambios tanto en el aula como en la escuela”. (p.50)

En consecuencia y de acuerdo con las definiciones que nos ofrecen los autores anteriores, se puede decir, que las estrategias de enseñanza son los pasos que el docente debe utilizar de forma eficaz y contextualizada, con el fin de ayudar a los alumnos al proceso de construcción de los aprendizajes y así, poder lograr los objetivos que se propongan, por ende es necesario tener claro el significado y trascendencia de las mismas, así como también, su manejo adecuado durante actividades diarias y planes de aprendizaje como medios que rigen la actividad pedagógica a

nivel de planificación y evaluación. Adicionalmente, durante la experiencia docente se emplean estrategias conscientes e inconscientemente tanto para la enseñanza como para el aprendizaje, pues si bien es cierto que el maestro entre sus funciones debe mediar el proceso educativo, también de manera natural o adquirida utiliza ese “arte” para realizar su trabajo con libertad y creatividad. De ello resulta que, no basta sólo con conocer profundamente sobre el tema que se intenta enseñar sino saber también cómo, por qué y para qué se va a comunicar y evaluar.

Por otra parte, Jugar para Alsina (2008)” es un tipo de actividad necesaria para el desarrollo integral de las personas, es intrínsecamente humana pero no exclusiva de nuestra especie.” Afirma que las personas al igual que los animales aprenden a través del juego y que éste permite resolver simbólicamente problemas, poniendo en práctica diferentes procesos mentales. De acuerdo a lo expresado por este autor, la diversidad innumerable de funciones que tiene el juego en la vida de adultos y sobre todo niños, se puede mencionar que favorece al desarrollo intelectual, social y emocional de manera placentera, motivadora, estimulante y divertida”(p.35).

El autor al cual se hace referencia en la definición anterior, presenta un cuadro comparativo adaptando las ideas de Guzmán (1989) “en el cual, se establece al juego como una actividad heurística con procedimientos paralelos a los empleados en la matemática. Por ejemplo, para iniciar un juego se establecen las reglas y funciones de las piezas que lo

componen, de igual manera ocurre al establecer una teoría matemática por definición implícita.”(p.106). También, es necesario buscar y utilizar estrategias-técnicas tanto para resolver un problema como para ganar un juego. En relación a lo anterior los estudios citados por Alsina (2008) “se hace inminente la relación juego-matemática y el aporte a los procesos del pensamiento que le proporciona pedagogía a el juego en este caso, específicamente a la división de números naturales”. (p.38)

Estrategias Innovadoras para Implementar en la Propuesta

Sesión 1

Finalidad de la sesión: que el estudiante relacione la multiplicación y la división como procedimientos inversos, a través de la participación en actividades lúdicas que permitan recordar y ejercitar las mismas.

Recursos necesarios: ludo matemático, dado 20cm x 20cm, cartulinas contentivas de las tablas de multiplicar-dividir y la ruleta de las preguntas.

Proceso: para comenzar el primer juego, el ludo matemático, se establecen las reglas, el significado de cada casilla por la que debe pasar y se agruparán los estudiantes en equipos de 6 personas. Durante la actividad se propicia a la autoevaluación y co-evaluación individual y grupal, respectivamente, de respuestas con intervención sólo de árbitro por parte del docente.

Luego, el segundo juego Gira, gira la ruleta de las preguntas, el cual se desarrolla de la siguiente manera: (a) El docente les pedirá a los alumnos que

formen cinco grupos de igual número de participantes. (b) Seguidamente el docente colocará la ruleta en un lugar accesible a la vista de todos, la cual contendrá una serie de ejercicios o propiedades, dicha ruleta tendrá en el centro de la parte superior la punta de una flecha con un color resaltante que indicará que ejercicio le tocará dar respuesta al capitán. (c) El docente lanzará un dado para sortear el turno de participación de los equipos. (d) El capitán que le toque comenzar deberá girar la ruleta, y dejar que la misma se detenga para ver qué ejercicio le toca dar respuesta. (e) El capitán tendrá la opción de consultar con su grupo, en caso de no saber la respuesta y (f) Si el capitán responde correctamente, obtendrá un punto y volverá a girar la ruleta, en caso contrario de responder incorrectamente le cederá el puesto al capitán del grupo contrario de girar la ruleta.

Resultado y Discusión

Antes, durante y después de todas las actividades planificadas para la 1era jornada o sesión, se mantuvo en el grupo de estudiantes e incluso en los docentes, una gran expectativa sobre el desarrollo de la innovación, la mayoría de los colegas se dirigían a la investigadora para solicitar las planificaciones, copias de actividades impresas y juegos en general, se evidenció la presencia e intervención externa de aplicación en la Escuela Bolivariana Alicia Tremont de Medina. Por otra parte, los estudiantes fueron receptivos en cuanto a la organización del aula y seguimiento de instrucciones, durante las auto-evaluaciones, co-evaluaciones y hetero-evaluaciones

manifestaron el placer y disfrute que tuvieron, asimismo precisaron que al jugar estaban ejercitando las tablas de multiplicar y dividir.

El ludo y el dado como recursos fueron significativos pues se logró captar la atención del grupo de estudiantes, esperando reglamentariamente su respectivo turno, participando de manera activa y cesante según su rol. Se observó el trabajo en equipo e individual y la realimentación de respuestas se hacía en el mismo momento del acierto o error. Los niños pedían en las demás sesiones que se les trajera el ludo, éste fue el de mayor impacto.

La ruleta de las preguntas, como recurso fue llamativo a pesar de su tamaño, representó el indicador de orden y atención tanto para equipos como para los capitanes, éstos últimos representaron de manera eficiente su rol propiciando la interacción y participación de todos los integrantes de sus respectivos equipos, así como también el orden y silencio que los mismos debían mantener. Durante la estrategia, los niños manifestaron que era divertida y diferente de preguntar-responder-memorizar las tablas de multiplicar y dividir. Por su parte la docente del aula manifestó su interés por adquirir una ruleta de las preguntas para lo cual se le proporcionó el modelo.

Resultados: la experiencia de la sesión número uno fue el inicio de un compartir de saberes, vivencias, emociones, amistad, trabajo en equipo, seguir instrucciones, entre otros. Propició en el 6to grado sección “E”, su docente y la investigadora, la apertura lazos afectivos bastante notorios, así como el disfrute del juego con fines pedagógicos. Fue

positivamente evidente el cambio de actitud del grupo de estudiantes frente al aprendizaje y práctica de las tablas de multiplicar y dividir a través de estrategias lúdicas.

Sesión 2

Finalidad de la sesión: crear en el estudiante, habilidades y destrezas en el manejo de la división, a través de juegos, cálculos y razonamiento lógico.

Recursos necesarios: lápiz, papel, crucigrama “División mental”, material impreso con enunciados de cómo dividir y criterios de divisibilidad.

Proceso: para comenzar se agruparán en equipos de cuatro o cinco estudiantes, se procede a leer en los mismos equipos el material impreso o guía didáctica, para analizar y ejemplificar calculando y comprobando las aseveraciones planteadas. Para finalizar se entrega en el mismo equipo un crucigrama que contenga afirmaciones relacionadas con el material impreso con el fin de reforzar el contenido.

Análisis Sistemático de la Experiencia de Aplicación: para el desarrollo con la guía didáctica ocurrió el obstáculo del disgusto por la lectura que tienen estos niños, pero como se manejó esta hipótesis al momento de diseñar la propuesta, se les dijo que para poder llenar el crucigrama debían leer la guía pues las respuestas del mismo se encontraban inmersas en el texto. De esta manera hicieron una lectura rápida de búsqueda de pistas y respuestas. Le costó mucho a un equipo de estudiantes llenar el crucigrama, por su falta de comprensión lectora.

En su mayoría disfrutaron compartiendo

opiniones y respuestas del crucigrama; así como durante la auto-evaluación, co-evaluación y hetero-evaluación destacaron la importancia de ser estimulados con material impreso diseñado y dirigido a ellos para llevar a cabo su proceso de aprendizaje.

Resultados: la experiencia de la segunda sesión despertó en el grupo interés por conocer que estrategias lúdicas tenía la investigadora preparadas para las siguientes sesiones, además brindó al aprendizaje de la matemática un carácter entretenido y ameno, fuera de lo normal, a modo de síntesis se despertó el interés y gusto por realizar cálculos con la finalidad de resolver problemas propios de la vida cotidiana.

Sesión 3

Finalidad de la sesión: ejercitar la inteligencia lógico-matemática al calcular divisiones.

Recursos necesarios: bingo dividiendo practico y gano y sopa de letras.

Proceso: se inicia proporcionando las instrucciones del bingo, cantando las operaciones para que ellos las realicen y marquen en sus respectivos cartones los resultados que coincidan con las que emerjan de la caja especial de operaciones. Gana quien complete el bingo con la totalidad de las respuestas, se pueden realizar diversas formas del bingo tales como: casa llena, línea, entre otras. Se suministra una realimentación de las operaciones surgidas en el juego, al ellos pasar a la pizarra resolviéndolas y explicando el procedimiento empleado para su efectivo resultado. Para finalizar, participa individualmente resolviendo

una sopa de letras combinada de operaciones de división, mediante la cual no sólo efectuará operaciones sino que a su vez, escribirá en letras las cantidades resultantes para finalmente buscar las respuestas en la sopa.

Análisis Sistemático de la Experiencia de Aplicación: En primera instancia, el bingo fue cantado por la investigadora y de manera individual marcado o llenado por los niños, los cálculos en su totalidad fueron hechos mentalmente, ya que en la primera sesión se les proporcionó a cada uno de los niños las tablas de dividir y ellos la mantenían consigo, practicándola a diario en sus hogares pues sabían que era un punto a su favor a la hora de participar en los juegos con fines didácticos. Por otra parte, la sopa de letras si requería el uso de sus cuadernos para realizar algunos cálculos y una vez verificados procedían a escribir las cantidades en letras, buscando en sus respectivas sopas.

Resultados: el uso y práctica constante de los cálculos mentales trae como consecuencia la deducción de resultados, relación de conceptos, resolución de problemas y rapidez en su empleo. Esta jornada se culminó antes del tiempo programado, lo cual instó a la docente del aula y la investigadora a formular una serie de divisiones en la pizarra para ser resueltas por los estudiantes de manera individual en sus cuadernos y voluntariamente en la pizarra. Aunque la última actividad propuesta no tenía carácter lúdico se observó interés, motivación y disfrute para realizar cálculos en los niños.

Sesión 4

Finalidad de la sesión: ejercitar la memoria, el cálculo de divisiones e identificación de las diversas representaciones de una división.

Recursos necesarios: juego de memoria y rompecabezas.

Proceso: al principio se agrupan los estudiantes en equipos de cuatro personas, para luego hacerle entrega del juego de memoria boca abajo, ellos irán destapando por turnos quedándose con las tarjetas encontradas por cada jugador y al descubrir todos los pares de operaciones, ganará el que haya descubierto y colectado más.

A los mismos equipos se les entrega un juego de rompecabezas, se pueden repartir las piezas en partes iguales entre los jugadores para así darles igual grado de participación dentro de la actividad, no habrá más instrucción que la de armar el rompecabezas haciendo coincidir el valor de la división según las distintas representaciones que se encuentran en los vértices de las piezas.

Es importante que al armar el rompecabezas se promueva la discusión, primero verificando si todas las relaciones en los vértices son correctas, preguntándole a los niños: (a) ¿cómo lo hicieron? (b) ¿qué fue lo más complicado? (c) ¿qué les resultó más divertido? (d) ¿creen que aplicando otra estrategia lo pueden hacer más rápido? (e) indiquen la relación existente entre las operaciones que contiene el rompecabezas.

Análisis Sistemático de la Experiencia de Aplicación: A través de una discusión socializada se parte del conocimiento previo de los equipos de trabajo en

relación a los juegos de memoria y rompecabezas armados o jugados por ellos con anterioridad, todos coincidieron en la instrucción que debían seguir para ganar las respectivas actividades lúdicas. Se introdujo también la relación que existía entre los pares de memoria, los cuales fueron tomados en cuenta por ellos para el proceso de búsqueda; es importante señalar que no sólo debían conocer las operaciones y sus resultados, sino que además era necesario guardar la relación de ubicación de cada tarjeta en su memoria. Una vez que se establecieron los parámetros comenzó la tensión y presión por encontrar rápidamente el mayor número de pares, pues de esa forma optaban por un premio o refuerzo positivo que en esta sesión se trató de uno de los rompecabezas diseñados por la autora.

En este orden de ideas, se da continuidad a la jornada con la estrategia de los rompecabezas, al ser proporcionados a los equipos de estudiantes éstos demostraron una gran curiosidad e interés por los mismos, manifestaron no haber visto materiales de este tipo desde su educación inicial, siguiendo las instrucciones armaron los rompecabezas atendiendo a las operaciones que los mismos poseen, además de guiarse por la imagen, se les pidió que defendieran la estrategia que habían empleado y la relación existente entre los vértices de los cuerpos geométricos que componen las piezas del juego.

Resultados: satisfactorios antes, durante y después de la jornada, se aprecia el efecto de las aplicaciones anteriores e interés motivacional en el grupo de estudiantes del 6to grado sección

“E” de la Escuela Bolivariana Alicia Tremont de Medina. La Comunidad Educativa en general, se acercó al aula de clases para observar el desarrollo de las jornadas, solicitando de intervención lúdica en otras aulas, la investigadora ha tenido que negarse de momento a fines de culminar la aplicación de la propuesta y el trabajo de grado que ésta originó. Cabe destacar, que los niños disfrutaban haciendo cálculos mentales para probar que saben concebirlos y con ello participar-ganar de manera positiva-activa en las actividades lúdicas que se desarrollan en su contexto educativo.

Sesión 5

Finalidad de la sesión: efectuar operaciones de división, evaluando así los aprendizajes en relación a la división.

Recursos necesarios: mazos de cartas españolas o impresas sin las cartas A, J, Q, K, evaluación final y dominó matemático.

Proceso: se inicia agrupando en tríos o cuartetos a los estudiantes, se les facilita un juego de cartas por equipo, cada jugador voltea una carta, los números que contengan las cartas serán multiplicados y el resultado obtenido será dividido entre cualquier número propuesto por algún jugador cuyo resultado sea entero, el jugador que encuentra el divisor exacto en menor tiempo gana las cartas puestas sobre la mesa, se continúa el juego hasta que uno de los jugadores posea todas las cartas. Luego, se pueden intercambiar jugadores para hacer más interesante la actividad.

Rápidamente, se provee de una prueba sencilla para ser resuelta por los estudiantes individualmente. Para

finalizar la última jornada se invita a los estudiantes a comparar y aplicar siempre las matemáticas a los distintos contextos de su vida y se juega al dominó matemático en cuartetos de estudiantes, con fichas de dominó especiales que representarán operaciones de división que tengan resultados similares para ir uniendo las piezas (tal cual el juego de dominó que se conoce comúnmente), hasta que uno de los jugadores quede sin piezas y se cuentan los puntos.

Análisis Sistemático de la Experiencia de Aplicación: La última sesión comenzó con sentimientos encontrados entre la investigadora y el grupo de estudiantes seleccionados para la intervención educativa innovadora, se mantuvo durante la jornada un clima de armonía y satisfacción en aras del aprendizaje y la empatía lograda entre los niños y la autora. Como primera actividad se empleó el juego de cartas, se le proporcionaron las instrucciones tal como lo establece la propuesta, se destapan tres cartas el producto entre ellas es la cantidad a la que se busca divisor exacto, el estudiante que lo haga primero se queda con las tres cartas y así sucesivamente, hasta que se acaben los mazos de cartas. Se hicieron tres rondas y se varió de jugadores para cambiar de grado de dificultad.

Durante el desarrollo, se proporcionó la evaluación final, de manera individual fue resuelta por los estudiantes, quienes manifestaron que ésta había sido sencilla y fácil de responder gracias a la práctica diaria en clases y en el hogar de las tablas de dividir y los criterios de divisibilidad. Fue una actividad tranquila y sin el alto nivel de presión que suelen tener las

pruebas anunciadas.

Para finalizar las cinco jornadas y particularmente ésta sesión, se invitó a los estudiantes a jugar dominó matemático, el cual fue en sí mismo una actividad de cierre reforzadora del contenido desarrollado a lo largo de la intervención, los niños los disfrutaron de manera plena, ya que este es uno de los juegos que más se practica en el contexto familiar social en que ellos se desenvuelven. Solicitaron que se les dejara un modelo de los dominó a su maestra a fines de usarlo en posteriores jornadas de clases.

Los resultados fueron satisfactorios para todos los involucrados en esta intervención, pues se observó que los procesos mentales vinculados con la división se hacían de manera rápida y consciente por los estudiantes, efectuando sin problemas divisiones, haciendo uso de los criterios de divisibilidad, vinculando la multiplicación como proceso inverso a la división y representando de diversas formas la operación ejercitada; los niños y docente del aula, agradecieron a la autora por hacer del aprendizaje de la operación aritmética división un momento de esparcimiento, liberación, exploración, cooperación, entre otros. De igual manera, la investigadora instó a la docente a experimentar su saber interdisciplinario empleando para ello el juego, ya que evidentemente el 6to grado sección “E” tiene tendencia, gusto y disposición para aprender a través de éste tipo de estrategias.

Conclusiones

El objetivo de la investigación se ha cumplido de manera satisfactoria, precisando la efectividad y trascendencia de estrategias lúdicas planificadas de forma mancomunada entre docentes de aula, estudiantes y especialistas. Es ésta interdisciplinaria la que otorga un sentido válido a la globalización de áreas en un mundo y por ende una educación compleja y holística.

Casi de cualquier material se pueden construir los recursos que se utilizan en las diferentes propuestas didácticas, el docente en compañía de sus estudiantes pueden emplear un tiempo para el desarrollo de esos insumos que serán de gran beneficio en el desarrollo del proceso de aprendizaje.

La aplicación de estrategias lúdicas manipulativas fomentará en el aula procesos como la atención y concentración, mejorará el razonamiento lógico, memoria, percepción, expresión verbal, imaginación, entre otros.

El aspecto lúdico de las estrategias desarrolladas es válido y recomendable por su carácter motivador, propicio para aprendizajes significativos.

Se plantea el uso del juego con fines didácticos, como herramienta que mejora e incentiva el aprendizaje en el momento adecuado. En un ambiente lúdico, el docente deja de ser el centro de la enseñanza, es decir el catedrático, permitiendo a cada estudiante desarrollar sus propias estrategias de aprendizaje.

Por último, para quienes disfrutaron del juego con fines pedagógicos éste trabajo representará una propuesta válida y adaptable a situaciones y ambientes de aprendizaje específicos.

Referencias Bibliográficas

Alsina, A. y Núria, P. (2008). Matemática inclusiva. Propuesta para una educación matemática accesible. [Libro en línea]. Editorial Narcea. Madrid. Captura en Mayo del 2011: <http://books.google.co.ve>

Barone, L. (2004). Escuela para Maestros. Uruguay, Cadiex Internacional.

Barone, L. (2006). Escuela para Maestros.

Uruguay, Cadiex Internacional.

Díaz-Barriga, F. y Hernández, G. (2002). Estrategias docentes para un aprendizaje significativo, una interpretación constructivista. (2ª. Ed.). México, D.F. McGraw-Hill Interamericana.

Universidad Pedagógica Experimental Libertador. (2005). *Investigación Educativa*. Primera Parte. Selección de Lecturas. Caracas: UPEL.

UNA PROPUESTA DIDÁCTICA PARA LA ENSEÑANZA DEL CONCEPTO PENDIENTE Y ECUACIÓN DE LA RECTA

Rodríguez¹ Yofran

¹Centro de Estudios Físicos Matemáticos

¹Universidad Nacional Experimental “Rafael María Baralt” (UNERMB)
yofranrodriguez@hotmail.com

Resumen

La práctica en el aula y los resultados nos lleva a reflexionar sobre lo complejo que resulta, por una parte enseñar y, por otra, comprender y apropiarse de la noción pendiente de la recta y ecuación de la recta en sus distintas formas de representación a estudiantes de Educación del Proyecto Matemática y Física de la Universidad Nacional Experimental “Rafael María Baralt”. Es importante que los estudiantes de este nivel lleguen a construir este conocimiento. Para ello, es necesario crear las condiciones, proponiendo actividades en diferentes contextos en donde los estudiantes otorguen sentido a los conocimientos matemáticos, siendo esto uno de los propósitos de los organizadores del currículo para la enseñanza de las matemáticas. En este contexto, este trabajo es el resultado de una revisión bibliográfica que permitió dar respuesta a preguntas como: ¿Qué caracteriza a una educación por competencias? ¿Cómo los organizadores del currículo pueden ser considerados en el diseño de tareas que promuevan competencias? lo anterior permitió elaborar una propuesta con una serie de actividades en base a los organizadores: fenomenología, materiales y recursos y la resolución de problemas como componentes fundamentales para enseñar el concepto de pendiente y ecuación de la recta, esperando así despertar la motivación por el estudio de un aspecto importante de nuestra práctica educativa con una mirada reflexiva hacia la misma.

Palabras clave: didáctica, enseñanza, educación por competencia, competencia y práctica pedagógica.

Introducción

La enseñanza de la geometría en las distintas carreras universitarias se lleva a cabo con métodos tradicionales donde se exige al estudiante memorizar axiomas, teoremas, fórmulas. En particular en el caso de la ecuación de la recta se desarrolla a partir de la deducción de las distintas formas que presenta, acompañado de habituales guías de ejercicios, tareas que responden al mismo esquema de pensamiento y terminan siendo rutinarias sin saber para qué les servirá.

Entre los factores que han sido identificados por diversos autores como necesarios para conseguir el proceso de cambio referido a la búsqueda de la calidad de la enseñanza es el de abogar a favor de un aprendizaje con mayor énfasis en la adquisición de esquemas conceptuales en las que se relacionen en orden los diferentes conceptos en el desarrollo de competencias. En este escenario el papel protagónico del docente como mediador de aprendizaje cobra mayor importancia.

El tema de la educación por competencias y particularmente en la enseñanza de las matemáticas se considera de gran impacto en todo el mundo por creerse que éste nuevo enfoque responde al reto de llevar a cabo una integración del proceso formativo con las dinámicas sociales y políticas del país y además con el proyecto de vida. Por tanto se fija como objetivo abordar el concepto de pendiente y ecuación de la recta no desde la óptica tradicional, sino tratando de construir los conceptos a partir de la intuición para llegar a la formalización a través de actividades que promuevan

competencias.

Por esta razón, en un primer momento se realiza una aproximación y definición de educación por competencias, partiendo entre otros supuestos, de que el proceso de evaluación y planificación deben relacionarse y producirse paralelamente, es decir que la evaluación se puede realizar en cualquier fase de la planificación, un proceso de retroalimentación permanente. Posteriormente se describen los organizadores del currículo: fenomenología, materiales y recursos y la resolución de problemas como elementos fundamentales para articular el diseño, desarrollo y evaluación en donde el tema matemático tenga sentido. Finalmente se presenta una guía de actividades prácticas dirigidas a crear condiciones que desarrollen el potencial intelectual de los estudiantes, de tal manera que se logre la construcción del conocimiento mediante la participación crítica y reflexiva.

Educación por Competencias

Educar para la vida significa proporcionar diferentes herramientas al estudiante para que en un futuro se pueda desarrollar plenamente en lo personal y profesional. A esta manera de concebir la educación se denomina educación por competencias (OCDE, 2003).

Existe una notable diferencia entre lo que es una educación por competencias y una educación por objetivos. La educación basada en objetivos se centra en lo que se espera que el estudiante ejecute de acuerdo a criterios académicos, el centro de atención es la disciplina académica, aparta los saberes y favorece las actividades para adquirirlos separadamente. En cambio,

la educación por competencias se centra en lo que el estudiante debe aprender para que en un futuro se enfrente a una sociedad en continuo cambio.

Conviene señalar, como resultado del estudio, que el término “competencia” es algo nuevo, aún está naciendo en el ámbito educativo, no hay una definición exacta que permita definir lo que realmente significa. Por supuesto, hay muchos estudios al respecto, y son muchos los docentes que han centrado su esfuerzo en reproducir este tema. En este sentido, se presenta a continuación algunas definiciones actuales de competencias según diversos autores con el propósito de analizar y asumir una postura crítica al respecto:

José Moya plantea en la Universidad de las Palmas durante una conferencia (2007) que la: “competencia es la forma en que una persona moviliza todos sus recursos para resolver una tarea en un contexto determinado, es decir no por mucho que una persona sepa es más competente; es competente cuando logra utilizar adecuadamente todos sus recursos y para una tarea concreta, no para cualquier circunstancia y no para cualquier tarea; también podemos ver otras definiciones de competencias básicas, algunas las más generalizadas dicen que “competencia es el conjunto de conocimientos, valores, actitudes, saberes que una persona posee”, pero cuando una competencia se define así, se pierde lo esencial de la definición porque no cualquier conjunto de conocimientos genera una competencia, la competencia sólo se obtiene cuando el conjunto se forma adecuadamente, es decir cuando las personas usan el

conjunto adecuadamente. O sea, lo que hace a una persona competente es la forma en que utiliza todos sus recursos para resolver tareas definidos para contextos definidos...” Según Pérez citado por Moreno (2010) expresa que “las competencias constituyen un saber que se aplica de manera reflexiva y no mecánica; se puede adaptar a una diversidad de contextos y tiene un carácter integrador, ya que engloba conocimientos habilidades, valores y actitudes; es por ello, que toda competencia incluye un “saber” un “saber hacer” y un “querer hacer” en contextos y situaciones concretos en función de propósitos deseados” (p. 292).

Ahora bien, como docentes cabe preguntarnos ¿Cuáles son los requerimientos para enseñar por competencias? y ¿cómo enseñar por competencias?. En cuanto a la primera interrogante, es necesario modificar la enseñanza tradicional y todo lo concerniente a su planificación y evaluación de manera que surja un nuevo modelo de enseñanza (bajo el enfoque de competencias) centrado en el estudiante que permita desarrollar la capacidad creativa y la preparación para el trabajo autónomo. No basta planificar por competencias si se evalúa por objetivos, planificación y evaluación deben ir juntas bajo el enfoque por competencias ya que de ocurrir la separación entre ellas se estaría convergiendo hacia el enfoque tradicional prevaleciendo el examen tradicional como única forma de evaluar. Es necesario en un primer momento hacer un sondeo (prueba diagnóstica) de las cosas que saben o no saben

los estudiantes o sencillamente de las cosas que no se recuerdan, esto permite orientar la asignatura; posteriormente son importantes las evaluaciones formativas donde se promueva la discusión al establecer relaciones del tema matemático con sus aplicaciones (fenomenología).

En relación a la segunda interrogante, Perrenoud (2006) “enseñar por competencias supone utilizar formas de enseñanza consistentes en dar respuesta a situaciones, conflictos y problemas cercanos de la vida real, en un complejo proceso de construcción con progresiva dificultad. Es decir, que sólo se estimulará a un estudiante a crear competencias de alto nivel haciendo que se enfrente regular e intensamente a problemas relativamente numerosos, complejos y realistas, que movilicen diversos tipos de recursos cognitivos” (p.7).

El enfoque por competencias supone el surgimiento de un nuevo profesor que se comporte como un mediador con visión prospectiva, creatividad para descubrir soluciones novedosas, que estimule la búsqueda permanente del pensamiento divergente, un docente con capacidad de investigación para inspirar en sus estudiantes la búsqueda de fenómenos, eventos y el líder transformacional en toda situación. Por tanto para formar competencias es necesario, tanto del estudiante como del profesor una inversión de imaginación, ingenio, ideas ordenadas, entre otras, para evitar que el estudiante se encierre tan fácilmente en una pasividad.

En este sentido, el enfoque por competencias favorece a la educación

actual bajo la guía del que enseña quien debe gerenciar los espacios proponiendo actividades en diferentes contextos en donde los estudiantes otorguen sentido a los conocimientos matemáticos. Esto es uno de los propósitos de los organizadores del currículo para la enseñanza de las matemáticas los cuales se describen a continuación:

Organizadores del Currículo

En los libros de texto se puede apreciar que la organización de los temas no solo se reduce a conceptos y procedimientos sino que además incorpora otras informaciones que enriquecen los contenidos matemáticos y les otorga sentido.

Según Segovia y Rico (2001) “Se llama organizadores del currículo a aquellos conocimientos fundamentales para articular el diseño, desarrollo y evaluación de un tema matemático” (p.88).

Aunque son varios los organizadores del currículo que permiten dar una nueva perspectiva al currículo en lo que se refiere a metodología, evaluación, y su relación, no cabe duda que se hace mayor insistencia en unos organizadores que en otros dependiendo del caso. Para este estudio solo se hace mención a tres organizadores: Fenomenología, materiales y recursos y resolución de problemas mostrándose el interés que presentan desde un punto de vista didáctico.

Análisis Fenomenológico

Puig presenta dos ideas centrales en cuanto al análisis fenomenológico. En una expone que éste es una pareja conformada por fenómenos- conceptos matemáticos. La otra señala que como

los conceptos matemáticos pueden organizar otros conceptos, estos pueden convertirse en fenómenos.

El análisis fenomenológico consiste en describir los fenómenos asociados a los conceptos matemáticos así como la relación que existe entre ellos. Según Gómez y Cañadas (s/f) “Estos fenómenos se encuentran con mayor o menor amplitud en la base de ejemplos que se presentan en los libros de matemática. Es por ello que si se quiere presentar un tema matemático en toda su riqueza conceptual, procedimental y actitudinal se debe considerar diversos contextos en conexión con los distintos problemas” (p.46). Al respecto cita Puig (1997) “Entre los tipos de análisis fenomenológicos destacan la fenomenología didáctica la cual hace referencia a los fenómenos presentes en el mundo de los estudiantes y los que se proponen en las secuencias de enseñanza.”(p.5). Como docentes de matemática es importante dar sentido práctico al propósito de establecer relaciones entre los conceptos matemáticos y los fenómenos; los estudiantes pueden expresarlas al momento de abordar una actividad, en el proceso de modelización, los razonamientos y estrategias que ellos deben usar para identificar el modelo matemático que corresponde a un fenómeno para expresarlo por ejemplo en uno o varios sistemas de representación.

Materiales y Recursos

Los materiales y recursos constituyen un organizador del currículo que regula la planificación de un tema matemático.

Según Rico citado por Gómez (1997) un material es una concreción de un modelo realizado por una fábrica o por el profesor aunque puede utilizarse como recurso si proporcionan situaciones o ayudas para trabajar en una situación en la que el concepto estudiado se emplea significativamente.

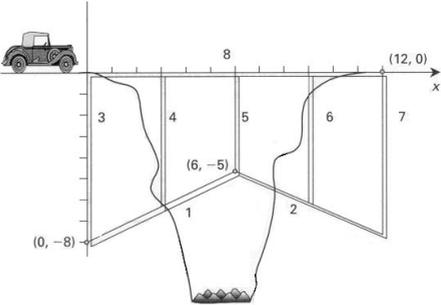
En consecuencia los educadores de hoy día, deben emplear varios estímulos y formas para captar la atención de los estudiantes, ya que el mismo por encontrarse en un mundo dinámico necesita de experiencias de aprendizaje que sean lo suficientemente interesantes que se acoplen a las exigencias de la sociedad. Desde esa perspectiva, Segovia y Rico (2001) señala que “el aula tradicional debe dar paso a un aula en la que el estudiante tenga la posibilidad de trabajar en equipo, construir materiales, investigar actuando sobre materiales” (p.96).

Resolución de Problemas

La resolución de problemas es sin duda una actividad muy importante en la matemática; aunque, cabe responder ¿Qué es un problema? Un problema se puede definir como una situación en la cual una persona desea hacer algo pero desconoce el curso de la acción necesaria para lograr lo que se quiere. En el marco de la resolución de problemas, Polya citado por González (1995) indica que “ese algo que se desea alcanzar es la solución, que no se consigue de forma inmediata pues hay q encontrar el camino utilizando los medios adecuados” (p.95). En este sentido, la resolución de problemas como organizador del currículo en matemáticas se puede

Fenomenología	<p>Utilizando la siguiente expresión:</p> $x = 340 t$ <p>Siendo: t= tiempo que transcurre entre observar el relámpago y el trueno X= distancia a la que halla el punto donde se produjo el relámpago. Determina a qué distancia se haya el punto donde se produjo el relámpago Representa gráficamente la ecuación y la pendiente identifica las variables en estudio y su relación en correspondencia con el grafico.</p>
Materiales y Recursos	<p>Prensa:</p> <p>Distribuir entre equipos de estudiantes recortes de prensa que incluyan gráficos con comportamiento lineal. Plantear interrogantes con relación a los gráficos, que ameriten análisis y discusión, por ejemplo: ¿Cuál es la variable independiente? ¿Cuál es la variable dependiente? ¿Cuál es la inclinación de la recta? ¿La gráfica es creciente o decreciente? ¿puede expresar en forma de ecuación la representación grafica? ¿cómo se hace?</p> <p>Proporcionar asesorías parciales a cada equipo aclarando inquietudes, recomendando procedimientos a seguir y animando al estudiante en cada logro alcanzado. Someter a discusión las respuestas dadas por los diferentes equipos haciendo uso de la pizarra.</p>

<p>Materiales y Recursos</p>	<p>Construcción de maquetas:</p> <p>La actividad se divide en dos etapas, las cuales deben cumplir los estudiantes formados en equipos de cuatro (4) preferiblemente. La primera consiste en una salida de campo, que tiene como propósito, observar, fotografiar, describir ciertas inclinaciones (techos, calles, guaya, entre otros). La segunda etapa corresponde al diseño y elaboración de la maqueta; para ello, cada equipo elaborará su maqueta con relación a la noción pendiente tomando en consideración lo observado en la salida de campo; una vez construida la maqueta se puede reflexionar en torno a las distintas inclinaciones que presenta y sobre el proceso para determinar sus pendientes.</p> <p>Durante o después de culminar el desarrollo de la maqueta, donde se utilizan materiales concretos, instrumentos de medición, y dinámicas de enseñanza y aprendizaje se debe discutir con los estudiantes las razones por las cuales se ha hecho las respectivas actividades. El intercambio de ideas y experiencias después de haber culminado la maqueta, permitirá profundizar los aspectos matemáticos otorgando así sentido a los conocimientos matemáticos.</p>
	<p>Juego de beisbol (Juego Didáctico):</p> <p>En este juego se pone prueba los conocimientos que tienen los estudiantes en cuanto al tema ecuación de la recta, su historia, su fenomenología. Para ello, se forman dos equipos. Se selecciona el equipo que va al bate. Un representante del equipo seleccionado deberá responder una pregunta (indicadas en tarjetas). Si la respuesta es adecuada, avanzará en las bases según lo indicado en la tarjeta; si la respuesta no es la adecuada, será considerado out. Se continúa jugando hasta que se acaben las preguntas. Ejemplo de preguntas: ¿Describa algunas etapas y autores que dieron origen a la geometría analítica? ¿cuál es la expresión para hallar la pendiente de la recta que pasa por dos puntos? ¿Cuál es la condición de paralelismo y perpendicularidad?</p>
	<p>Geogebra:</p> <p>Mediante el programa Geogebra u otro Simulador de práctica manipular los valores para analizar la pendiente de la recta y el comportamiento de rectas</p>

<p>Resolución de Problemas</p>	<p>Proponer diferentes situaciones problemáticas relacionados con los fenómenos en estudio. Por ejemplo: Determina la pendiente y ecuación de cada una de las vigas que sostienen la estructura del puente y la longitud total de las vigas.</p> 
--------------------------------	---

Fuente: Propia

Conclusiones

Los docentes deben concebir una nueva visión de lo que significa enseñar; lo cual no significa suministrar y dar conocimientos a los estudiantes. La enseñanza ahora debe ser asimilada como un proceso a través del cual se ayuda, apoya y dirige al estudiante en la construcción del conocimiento.

Las actividades propuestas no intentan sustituir o desplazar el estudio de axiomas, teoremas, demostraciones pero si pretende que los estudiantes otorguen sentido a los conocimientos matemáticos al desarrollar actividades en diferentes contextos.

La resolución de problemas como organizador del currículo no debe estar centrado en el docente, sino en el estudiante, actuando sobre los diferentes obstáculos y errores que tiene promoviendo habilidades para comprender, planificar y ejecutar.

Seleccionar, diseñar y utilizar materiales didácticos que promuevan competencias en los estudiantes y que

conviertan el aula en un laboratorio donde se fomente el protagonismo y la responsabilidad de los estudiantes.

Un profesional de la docencia comprometido con la educación deberá actuar, preparando a las nuevas generaciones desde una formación que promueva la participación y la reflexión crítica. No se puede seguir enseñando a las generaciones del futuro con las mismas herramientas del pasado.

Referencias Bibliográficas

- González, F. (1994). El corazón de la Matemática. Maracay: COPIHER.
- Gómez, P. (1997). Los Organizadores del Currículo en Matemáticas. Barcelona: De Vecchi Gómez P.; Cañadas M. (s,f). La fenomenología en la formación de profesores de Matemáticas. Barcelona: De Vecchi Lehmann, C. (2009). Geometría Analítica. México: LIMUSA
- Moreno, T. (2010). Competencias en Educación: Una mirada crítica. Revista Mexicana de Investigación Educativa, 15, 45-56. Organización para la

- Cooperación y el Desarrollo Económico [OCDE]. (2003). Programa para la Evaluación Internacional de Alumnos (PISA). Aprender para el mundo del mañana. España: Santillana
- Perrenaud, P. (2006). Construir competencias desde la Escuela. Chile: Noreste
- Poggioli L. (2007). Estrategias de Resolución de Problemas. Caracas: Ediciones Fundación Polar.
- Puig, L. (1997). Análisis fenomenológico. En L. Rico (Coord.) La educación Matemática en la enseñanza secundaria (pp. 61-94). Barcelona: Horsori
- Rúa, J.; Bedoya, J. (2008). Un Modelo de situación Problema para la Evaluación de Competencias Matemáticas. Entre Ciencias e Ingeniería, 2, 9-37, [en línea], de <http://biblioteca.ucp.edu.co/ojs/index.php/entrecei/article/viewFile/529/471>
- Segovia, I.; Rico, L. (2001). Unidades didácticas. Organizadores. En E. Castro (Ed.), Didáctica de la Matemática en la educación primaria (pp. 83-104). Madrid: Síntesis.
- Villanueva, G. (2009). Las Matemáticas por Competencias, [en línea], de http://dcb.fi-c.unam.mx/Eventos/Foro3/Memorias/Ponencia_67.pdf

INSOMNIO. GUÍA PARA PACIENTES

Luna César

Facultad de Farmacia, Universidad Central de Venezuela, Caracas,

Venezuela

cesar.luna@ucv.ve

Resumen

El insomnio puede definirse como la sensación subjetiva de malestar respecto a la duración y/o calidad del sueño y afecta aproximadamente al 40% de la población según la Organización Mundial de la Salud (OMS). Fue planteado como objetivo desarrollar una guía práctica con pautas de acción a seguir por parte de los pacientes que sufren de insomnio. Para ello, se realizó la búsqueda y revisión de la bibliografía necesaria obtenida a través de fuentes primarias y secundarias, cuya información se analizó, evaluó y utilizó críticamente, luego se procedió al diseño de la guía práctica. Como resultado se obtuvo una guía de fácil manejo que consta de cuatro capítulos, el primero describe aspectos generales del insomnio, el segundo hace referencia a las medidas de higiene del sueño, el tercero se relaciona con el tratamiento y el último explica cómo prevenirlo. En conclusión, dado que el insomnio es una enfermedad que eventualmente puede padecer la población venezolana, esta guía constituye una herramienta de educación sanitaria cuya finalidad es ayudar a restaurar la cantidad y calidad del sueño.

Palabras clave: insomnio, sueño, malestar, guía para pacientes.

Introducción

Insomnio

El ser humano pasa un tercio de su vida durmiendo. Si viviera hasta los 70 años de edad, aproximadamente 27 años los hubiese invertido en dormir, el cual es un estado activo crítico de su bienestar físico, mental y emocional. En efecto, dormir es una necesidad básica de la vida y tan fundamental como el aire, la comida o el agua para el mantenimiento de la salud.

El insomnio puede definirse como la sensación subjetiva de malestar respecto a la duración (cuantitativa) y/o a la calidad (cualitativa) del sueño. También, puede decirse que es la dificultad para conciliar o mantener el sueño o alteración del patrón normal del mismo y que conduce a la sensación de que este es insuficiente.

El concepto “insomnio” implica problemas para quedarse dormido, despertarse con frecuencia durante la noche y tener dificultad para volver a conciliar el sueño o despertarse demasiado temprano por las mañanas; en definitiva, no lograr un sueño reparador. No debe considerarse como insomnio el dormir poco tiempo si la calidad del sueño es óptima y no se ven afectados ni la actividad ni el estado de alerta diurno. El insomnio es una condición común experimentada por una gran cantidad de personas. Cerca del 10% lo presenta de forma crónica y casi un 50% lo padece en algún momento de su vida. Datos de la OMS indican que al menos 40% de la población sufre de insomnio. Se considera que este es el desorden del sueño más común en Psiquiatría.

Puede ser identificado si una persona

experimenta dos o más de las siguientes situaciones:

- Le toma más de 30 minutos conciliar el sueño.
- Tiene dificultad para mantenerse dormida, se despierta por más de 30 minutos durante la noche o tiene una eficiencia del sueño menor al 85% (cociente entre el tiempo dormido y el tiempo que pasa en cama)
- Presenta disturbios en el sueño por más de tres noches en una semana.
- Disminuye la calidad en el trabajo durante el día debido a la falta de sueño.

Causas

El genero femenino se ha asociado constantemente con el insomnio, con una proporción de aproximadamente 1,4:1, presumiblemente debido a alteraciones hormonales, ya sea por comienzo de la menstruación o por menopausia. Otros datos también sugieren que estar separado o divorciado, tener un nivel socioeconómico bajo, el aumento crónico del estrés y ser de raza negra también están asociados a la prevalencia del insomnio. El riesgo de desarrollar este desorden del sueño es mayor en pacientes con enfermedades crónicas o patologías psiquiátricas, trabajadores de turno (por ruptura o trastornos del ritmo circadiano), personas con antecedentes de abuso de sustancias, pacientes que utilizan cierto tipo de medicamentos (broncodilatadores, antidepresivos, hormonas, entre otros) y ancianos.

Consecuencias

El insomnio puede dar lugar a ciertos trastornos que incluyen ansiedad, dificultad de concentración y de memoria, disminución del rendimiento, fatiga, irritabilidad, disminución del

grado de alerta, cambios en el carácter y somnolencia diurna que puede provocar accidentes domésticos o laborales. Además, este problema afecta no sólo a quien lo padece, sino también a quienes lo rodean como familiares, compañeros de trabajo, amistades, entre otros.

La pérdida de sueño a largo plazo resulta en un insomnio no tratado, el cual incrementa el riesgo de accidentes industriales y automovilísticos (los insomnes son 2,5 a 4,5 veces más propensos a sufrir de accidentes que aquellos que no lo son), pérdida del empleo, problemas sociales y de pareja, salud pobre, desórdenes endocrinos y metabólicos, enfermedades coronarias, depresión mayor y suicidio. Dormir poco está íntimamente relacionado con la morbilidad y la mortalidad en ancianos. Los pacientes geriátricos que sufren de insomnio son 1,6 a 2 veces más propensos de morir que aquellos que duermen normalmente.

La creciente evidencia muestra que un insomnio crónico no remitente puede predisponer al desarrollo de desórdenes psiquiátricos. Estas investigaciones revelan un incremento del riesgo para nuevos ataques de desórdenes de ansiedad y problemas de abuso de sustancias en las personas con insomnio persistente. Estos datos solos, sin embargo, no son concluyentes para establecer causa y efecto, pero deben ser observados cuidadosamente como una fuente potencialmente importante para identificar y tratar problemas de insomnio crónico. Muchos estudios han sugerido que el insomnio puede tener un papel causal en la aparición de depresión en pacientes sin antecedentes

de depresión y en el pronóstico de recaídas en pacientes cuya depresión está en remisión.

Estudios revelan que la privación del sueño en jóvenes y adultos saludables está asociada con disminución de los niveles de leptina, incremento de los niveles de ghrelina y aumento del apetito. Esto conlleva a una elevación de la presión arterial y un sensible aumento de las concentraciones sanguíneas de proteína C reactiva, predictor de mortalidad cardiovascular. La duración del sueño alrededor de 6 horas o menos está asociada a un incremento de la prevalencia de diabetes y resultados alterados en los test de tolerancia a la glucosa.

Las consecuencias de este trastorno van, naturalmente, mucho más allá de la salud de las personas. Si se computan los gastos médicos y farmacológicos junto con las horas laborales perdidas y la calidad del trabajo desempeñado por los insomnes, se llega a la conclusión de que es una enfermedad que le sale muy cara al sistema de salud de cualquier país.

Fisiopatología del insomnio

Al parecer, los insomnes inhiben, niegan y reprimen sus emociones, resultando en un estado de hiperactivación o excitabilidad, lo que a su vez se traduce en una activación fisiológica excesiva, que puede interferir con la conciliación y el mantenimiento del sueño.

Modelos propuestos suponen que el incremento de la actividad del factor de liberación de corticotropina es responsable de la patogénesis del insomnio primario. Esta teoría se basa en tres evidencias: 1) la observación de algunas similitudes neuroendocrinas

y clínicas entre el insomnio primario y el desorden de depresión mayor; 2) regulación anormal del factor de liberación de corticotropina en la patogénesis de la depresión mayor; y 3) hiperactividad de las neuronas del factor de liberación de corticotropina (específicamente aquellas que inervan el locus coeruleus) que muestran un cuadro clínico severo de insomnio, incluyendo hiperactivación y disturbios del sueño.

Pacientes con insomnio primario tienen altos niveles de cortisol libre en la orina, el cual se presume es responsable de las continuas levantadas durante la noche.

Aquellos pacientes con insomnio crónico muestran una variedad de marcadores fisiológicos que sugieren hiperactivación del sistema nervioso simpático. Tanto animales como humanos muestran una sobreactividad del axis adrenal – pituitario – hipotalámico durante el insomnio. Los resultados de los estudios con tomografía por emisión de positrones también apoyan la hipótesis de la hiperactivación; los individuos con insomnio primario presentan un aumento del metabolismo cerebral total durante el sueño y la vigilia y una activación regional de los centros afectivos y de activación durante el sueño lento (NREM).

El insomnio crónico también está relacionado con un incremento de los niveles plasmáticos de cortisol y la hormona adenocorticotrópica (ACTH). En efecto, altos niveles de cortisol producen una reducción de la eficiencia del sueño.

En pacientes con insomnio se ha observado niveles elevados de melatonina durante el día y secreción

nocturna disminuida. También se ha visto que los pacientes exhiben muy bajos niveles de inmunidad celular (CD3+, CD4+, CD8+) comparados con personas que duermen normalmente.

Antecedentes históricos en el tratamiento del Insomnio

La farmacoterapia ha ido evolucionando considerablemente con el pasar de los años. En la antigüedad se empleaban bebidas alcohólicas y pociones que contenían láudano y diversas hierbas para inducir el sueño. El primer agente que se introdujo de manera específica como sedante, y poco después como hipnótico fue el bromuro, a mediados del siglo XIX. Hidrato de cloral, paraldehído, uretano y sulfonal empezaron a usarse antes de la aparición del barbital, en 1903, y del fenobarbital en 1912.

La aparente eficacia de los barbitúricos indujo la síntesis de más de 2500 compuestos, de los cuales se comercializaron cerca de 12. Sin embargo, el hidrato de cloral, se utilizó comúnmente para inducir el sueño hasta bien entrados los años 70, pero luego progresivamente disminuyó su uso cuando los médicos empezaron a prescribir benzodiazepinas. Hoy en día, se sigue utilizando el hidrato de cloral como hipnótico pero a muy baja escala. Barbitúricos, como pentobarbital y secobarbital, eran fármacos de elección para tratar el insomnio entre 1950 y 1960. Sin embargo, en la actualidad, su utilización está contraindicada, debido a que no son capaces de inducir el sueño fisiológico, producen tolerancia y dependencia, poseen efectos adversos marcados, amplias interacciones

medicamentosas y su sobredosis puede resultar fatal, especialmente si se combinan con alcohol.

La síntesis del clordiazepóxido por Sternbach en 1957 y el descubrimiento de sus particulares acciones por Randall, abrieron la era de las benzodicepinas en 1961. En los últimos 50 años, las benzodicepinas son el grupo farmacológico más usado en el tratamiento del insomnio y en la práctica clínica se emplean casi todas ellas.

Insomnio en Venezuela

La vida actual caracterizada por un aumento de la longevidad, la revolución tecnológica, la inseguridad constante, el desempleo o multiempleo, cambios en la estructura familiar (divorcio, uniones inestables, ambos padres en el mercado laboral) y el cambio motivacional; se convierten en factores que pueden provocar alteraciones en el sueño, deteriorando la calidad de vida de las personas. Sin embargo, son prácticamente inexistentes los datos que se tienen del insomnio como problema de salud en nuestro país, de hecho, son pocos los estudios realizados en relación a este trastorno del sueño entre los que se pueden mencionar “Estudio Descriptivo Comparativo-Psicológico y Polisomnográfico de Adultos no Insomnes e Insomnes Crónicos” (Benaïm, 2005) y “El insomnio ¿le quita el sueño? (Salinas, 2011), no obstante, dada la elevada prevalencia del insomnio según la OMS, junto al rápido alivio de los síntomas que se consigue con el tratamiento farmacológico, hace que los hipnóticos se encuentren entre los medicamentos que con mayor frecuencia se prescriben actualmente en el mundo;

si bien, su uso no está exento de riesgos, dado que existe un desconocimiento general de la población sobre las consecuencias de su uso incorrecto.

Por lo tanto, el objetivo de este trabajo fue desarrollar una guía práctica de consulta para los pacientes que sufren de insomnio, que le permita conocer su enfermedad y a cómo llevarla con responsabilidad.

Materiales y Métodos

Para llevar a cabo la investigación, se realizó un estudio documental. Se revisaron las orientaciones para el desarrollo y actualización de guías prácticas para pacientes de la NICE (Instituto Nacional de Salud y Excelencia Clínica del Reino Unido, de acuerdo a sus siglas en inglés). Luego se hizo la búsqueda, revisión, evaluación y selección crítica de la información que debía contener la guía obtenida a través de fuentes primarias y secundarias, posteriormente se procedió al diseño y redacción preliminar del instrumento inicial, el cual se entregó a un grupo de expertos. Con las recomendaciones derivadas del proceso de validación se procedió a la elaboración de la guía práctica final.

Resultados y Discusión

La guía contiene las monografías de los hipnóticos más comúnmente utilizados para el tratamiento del insomnio, una serie de medidas farmacológicas y no farmacológicas y de higiene del sueño que conviene recomendarle al paciente, además de proporcionarle criterios de prevención. Consta de cuatro (4) capítulos:

Aspectos generales del insomnio: definición, clasificación y diagnóstico, causas y consecuencias.

Medidas de higiene del sueño

Independientemente de la causa que origine el insomnio y antes de instaurar un tratamiento farmacológico o no, es necesario establecer una serie de pautas que puedan ayudar a conciliar el sueño.

La premisa es que el paciente debe tener unas expectativas de sueño realistas. Puede tranquilizar el hecho de saber que es normal dormir poco si ese día no se está cansado o somnoliento, que el tiempo de sueño disminuye con la edad y que muchas veces el insomnio desaparece sin hacer nada especial. No obstante, adoptando buenas medidas para la higiene del sueño y siguiendo una estricta rutina para dormir se puede evitar sufrir de insomnio.

Tratamiento: a) no farmacológico, b) farmacológico, y c) en niños.

La terapia con medicamentos hipnóticos ha sido un importante componente para el manejo del insomnio por décadas y las benzodiazepinas han constituido desde su aparición los medicamentos de primera elección probablemente a que no disminuyen la cantidad total del sueño paradójico (REM), por lo tanto, no disminuyen la capacidad de soñar. No obstante, es importante tener en consideración, que la instauración de un tratamiento farmacológico racional con benzodiazepinas (e incluso para cualquier otro grupo de hipnóticos) debería guiarse por cinco principios fundamentales: utilizar la dosis mínima eficaz, administrar el tratamiento de forma

intermitente, prescribir medicación para corto plazo (su uso regular no debería superar las 3 – 4 semanas), interrumpir el tratamiento de forma gradual; y, vigilar la posible aparición de insomnio de rebote tras la suspensión del tratamiento. Una estrecha vigilancia del uso de las benzodiazepinas se hace absolutamente necesaria, sobretudo en ancianos, con un mayor riesgo de experimentar efectos adversos, y con la finalidad de prevenir el uso crónico de estos medicamentos.

También, es importante recalcar que se precisa algo más que sólo hipnóticos para tratar el insomnio. Siempre será interesante intentar la combinación de enfoques farmacológicos y no farmacológicos, y es de gran utilidad mejorar los conocimientos de los pacientes sobre sus consecuencias y profundizar en el estudio de la etiología, además debe considerarse la intervención educativa del individuo con el objetivo de asegurar una correcta higiene del sueño.

Prevención

En primer lugar deberán incentivarse las “medidas no farmacológicas”. La aplicación de unas correctas normas de higiene del sueño puede ser suficiente para lograr un buen pronóstico. Si se hace necesario el uso de fármacos, se aconseja limitar su uso a cortos periodos y con la dosis mínima eficaz. Se ha de prevenir al paciente del desarrollo de dependencia y de los posibles efectos de rebote, retirando de forma gradual el fármaco.

Conclusiones

Se obtuvo una guía práctica de fácil manejo para los pacientes que sufren de insomnio. Dado que el insomnio es una enfermedad que eventualmente puede padecer la población venezolana, esta guía constituye una herramienta de educación sanitaria para los pacientes y ayudar a restaurar la cantidad y calidad del sueño.

Referencias Bibliográficas

- Allen, S. (2005). Insomnia and its management. 274: *The Pharmaceutical Journal*. 243-246.
- Benaim, M. (2005). Estudio Descriptivo Comparativo-Psicológico y Polisomnográfico de Adultos no Insomnes e Insomnes Crónicos. Trabajo de Ascenso. Caracas: Universidad Simón Bolívar.
- Bogan, R.; Turner, J. (2007). News assessment tools that measure sleep vital signs: the SleepMed Insomnia Index and the Sleep Matrix. *Neuropsychiatric Disease and Treatment*. 3(4): 501-510.
- Byusse, D. (2008). Insomnio Crónico. 11(8): (pp. 457-465). *American Journal Psychiatry* (Ed. Esp).
- Carretero, M. (2006). Insomnio. . *OFFARM*. 25(6):. 90-92.
- Costa, J. (2006). Sleep disorders in psychiatry. *Metabolism Clinical and Experimental*. 55(2): .40-44.
- Doghramji, K. (2006). The Epidemiology and Diagnosis of Insomnia. *The American Journal of Managed Care*. 12(8): 214-218.
- Hajak, G.; Riemann, D. (2008). Chronic Insomnia. 1(1):(pp. 36-39). *European Psychiatric Review*.
- Hulisz, D.; Duff, C. (2009). Assisting Seniors with Insomnia: A Comprehensive Approach. *US Pharmacist*. 34(6): 38-43.
- Johnson, E.; Roth, T.; Breslau, N. (2006). The association of insomnia with anxiety disorders and depression: Exploration of the direction of risk. *Journal of Psychiatric Research*. 40:700-708.
- López, M. (2006). Insomnio. . *OFFARM*. 25(7): 60-63.
- Maestre, M. (2006). Guía de Atención Farmacéutica en Insomnio. Sevilla (España): Área de Atención Farmacéutica del Colegio de Farmacéuticos de Sevilla.
- Plante, D. ; Winkelman, J. (2008). Alteraciones del sueño en el trastorno bipolar: implicaciones terapéuticas. *American Journal Psychiatry* (Ed Esp). 11(9):540-553.
- Rosas, M. (2007). Insomnio clasificación, prevención y tratamiento farmacológico. *OFFARM*. 26(3): 90-97.
- Roth, T. (2007). Insomnia: Definition, Prevalence, Etiology, and Consequences. *Journal of Clinical Sleep Medicine*. 3(5): 7-10.
- Roth, T.; Roehrs, T.; Pies, R. (2007). Insomnia: Pathophysiology and implications for treatment. *Sleep Medicine*. 11(1): 71-79.
- Salinas, P. (2011). El insomnio ¿Le quita el sueño?.. *MedULA*. 20: 99-101.
- Serrano, M. (2007). Información pertinente para los pacientes que sufren de insomnio. . *Infármate*. 11: 1-8.
- Sivertsen, B.; Nordhus, I. (2007). Management of insomnia in older adults. *British Journal of Psychiatry*. 190:285-286.

SUSCEPTIBILIDAD A ANTIMICROBIANOS NO BETALACTÁMICOS DE AISLADOS GEOGRÁFICOS DE *CORYNEBACTERIUM PSEUDOTUBERCULOSIS*, EN REBAÑOS CAPRINOS DEL ESTADO FALCÓN

Borjas Ángela¹, Rojas Thomas¹, Carrero Lilia², Chirino-Zárraga Carmen²

¹Médico Veterinario en Libre Ejercicio, Valencia, Venezuela.

²Laboratorio de Microbiología Veterinaria, Universidad Nacional
Experimental

Francisco de Miranda, Coro, Venezuela.

llcarrerop@hotmail.com

Resumen

La Linfadenitis Caseosa es una enfermedad bacteriana crónica que afecta a pequeños rumiantes, caracterizada por la inflamación supurativa necrotizante de ganglios linfáticos; es causada por *Corynebacterium pseudotuberculosis* y altamente contagiosa, generando riesgos zoonóticos y pérdidas económicas por la reducción de la ganancia de peso, producción de leche y descarte de animales, impactando el potencial productivo en este tipo de ganadería. El objetivo de esta investigación fue describir la susceptibilidad antimicrobiana de aislamientos de *C. pseudotuberculosis* en rebaños caprinos del estado Falcón. La fase de campo se llevó a cabo durante ocho semanas, donde se recolectó aspirado purulento de ganglios linfáticos de ganado caprino, distribuidos en seis municipios del estado Falcón. Las muestras fueron llevadas al Laboratorio de Microbiología Veterinaria de la UNEFM para el análisis bacteriológico, comparándose 30 aislamientos de *C. pseudotuberculosis* con la cepa de referencia ATCC 19410 según los estándares del Clinical and Laboratory Standards Institute, en los cuales se evaluaron 14 antibióticos, obteniendo resultados de sensibilidad en el 100% de las cepas a: gentamicina, amikacina, doxiciclina, cloranfenicol, ciprofloxacino y ofloxacino. La sensibilidad fue menor para tetraciclina (93.33%), eritromicina (86.66%), clindamicina (73.33%), rifampicina (93.33%) y trimetoprim/sulfametoaxol (96.66%). La gran mayoría de los aislamientos fueron resistentes a: colistina (90%), polimixina B (76.66%) y ácido nalidíxico (70%). Los perfiles de susceptibilidad descritos son homogéneos entre las diferentes zonas de estudio y congruentes con los fármacos tradicionalmente usados en el ejercicio clínico veterinario, mientras que las resistencias observadas son propias del germen.

Palabras clave: riesgos zoonóticos, susceptibilidad antimicrobiana, análisis bacteriológico.

Introducción

Dadas las condiciones en las cuales habitualmente se desarrolla el ejercicio clínico veterinario en las áreas rurales venezolanas, el tratamiento de las enfermedades infecciosas obedece en gran medida a los criterios empíricos producto de la experiencia de los técnicos, es por tanto necesaria la generación de información, a nivel de laboratorio, que brinde orientaciones al momento del diseño de antibioticoterapias como complemento para el control de estas enfermedades de importantes efectos en la productividad de las ganaderías alternativas, las cuales si bien se han venido desarrollando en las zonas áridas noroccidentales del país por pequeños y medianos productores, el Estado en fechas recientes ha buscado promover su desarrollo a mayor escala y en otras áreas de la nación.

En el caso particular de *Corynebacterium pseudotuberculosis* existen diversos reportes respecto a la susceptibilidad a antimicrobianos de aislamientos en otras latitudes [Ashfaq y Campbell, (1979); Muckle y Gyles, (1982); Garg y Nain, (1985); Judson y Songer, (1991); Zhao *et al.*, (1991); Costa, (1998); Connor *et al.*, (2000); Costa, (2002)], pero siendo que el comportamiento ante estos fármacos obedece en buena medida a la exposición que han tenido las poblaciones bacterianas, deberían entonces esperarse variaciones que dificultarían así la extrapolación de los resultados vistos por especialistas en otras regiones, justificándose de esta manera la investigación en esta área.

El objetivo de esta investigación fue describir los perfiles de susceptibilidad

de cepas de *Corynebacterium pseudotuberculosis* frente a antimicrobianos no betalactámicos, los cuales tradicionalmente son de poco uso en el ejercicio clínico veterinario en áreas rurales venezolanas

Materiales y Métodos.

Se evaluaron rebaños de seis municipios falconianos (Miranda, Federación, Falcón, Colina, Carirubana y Democracia) mediante el muestreo aleatorio simple intencional, para obtener un total de 30 cepas de *Corynebacterium pseudotuberculosis*. La investigación se llevó a cabo en dos fases, a saber:

Fase de campo.

Durante un lapso de ocho semanas se visitaron unidades de producción caprinas en los referidos municipios, a fin de realizar exámenes clínicos (inspección y palpación sistémica de ganglios linfáticos superficiales) y así detectar animales con manifestaciones clínicas compatibles con Linfadenitis Caseosa (LC), a los cuales se les realizó la toma de muestra mediante aspirado de secreción purulenta con aguja estéril con previa desinfección de la superficie anatómica; la muestra se identificó y dejó en la inyectadora para evitar la exposición medioambiental, se mantuvo refrigerada hasta su resguardo en el Laboratorio de Microbiología e Inmunología Veterinaria, de la Universidad Nacional Experimental “Francisco de Miranda” (UNEFM), donde se realizaron los estudios bacteriológicos. Durante esta etapa también se tomaron en consideración datos referidos a la unidad de producción (tipo de explotación, condiciones

higiénico-sanitarias, manejo de los rebaños, entre otros).

Fase de laboratorio.

Una vez en el laboratorio y habiendo transcurrido menos de 24 horas luego de la toma de las muestras, las mismas fueron sometidas a un protocolo para el aislamiento y caracterización de *Corynebacterium pseudotuberculosis* [Chirino-Zárraga *et al.*, (2006)], seguidamente fueron escrituradas con discos de Gm, An, D, C, Cip, Ofx, T,

E, CC, R, Stx, CL, PB y Na, mediante el método de Difusión en Disco en agar Müller-Hinton; los halos de inhibición fueron calificados según los estándares del CLSI (2006a, 2006b) para *Staphylococcus aureus*, dado que para el momento del desarrollo de esta investigación no se disponía de reportes de interpretación para corinebacterias y así se ha procedido en casos semejantes en otros trabajos [Abreu *et al.*, (2008)].

Tabla 1. Susceptibilidad a antimicrobianos no betalactámicos de aislados de *C. pseudotuberculosis* a partir de rebaños caprinos del estado Falcón, 2012

Fármaco	Susceptibilidad		
	Sensibles/(%)	Intermedios/(%)	Resistentes/(%)
Gm	8+2+4+5+5+6=30(100)		
An	8+2+4+5+5+6=30(100)		
D	8+2+4+5+5+6=30(100)		
C	8+2+4+5+5+6=30(100)		
Cip	8+2+4+5+5+6=30(100)		
Ofx	8+2+4+5+5+6=30(100)		
T	7+2+4+4+5+6=28(93,3)		1+1=2(6,7)
E	7+1+3+4+5+5=25(83,3)	1+1=2(6,7)	1+1+1=3(10)
CC	7+1+1+4+4+5=22(73,3)	1+1+1=3(10)	1+1+2+1=5(16,7)
R	8+1+4+4+5+6=28(93,3)	1(3,3)	1(3,3)
Stx	8+2+4+5+4+6=29(96,7)		1(3,3)
CL	1+2=3(10)		8+1+2+5+5+6=27(90)
PB	1+1+3=5(16,7)	1+1+1+1=4(13,3)	6+1+1+4+4+5=21(70)
Na	1+1+1+1+1=5(16,7)	1+1=2(6,7)	7+1+2+3+5+5=23(76,7)

Total	87+22+46+52+53+65= 325(77,4)	2+1+2+4+2+1= 12(2,9)	23+5+8+14+15+18= 83(19,8)
-------	---------------------------------	-------------------------	------------------------------

Municipios: **Miranda**, **Federación**, **Falcón**, **Colina**, **Democracia** y Carirubana.

Resultados y Discusión

La Tabla 1 resume las proporciones de aislamientos susceptibles, intermedios y resistentes para los fármacos evaluados, registrándose sensibilidad en el 77,4% de los ensayos, correspondiendo en buena medida a inhibidores de síntesis de proteínas (Gm, An, D, T, C, E y CC), de la replicación del material genético (R, Cip y Ofx, excepto Na) y de los folatos (Sxt); mientras que los fenómenos de resistencia (19,8%) a su vez corresponden principalmente a fármacos de poco uso (CL, PB y Na) coincidiendo así con diversos reportes previos [(Muckle y Gyles, (1982); Judson y Songer, (1991); Zhao *et al.*, (1991); Literák *et al.*, (1998); Chirino-Zárraga *et al.*, (2006); Connon *et al.*, (2007)], este resultado podría explicarse por el mecanismo de acción de los mismos y las características propias de *C. pseudotuberculosis*, dado que son más eficaces frente a bacterias Gram negativo [Murray *et al.*, (2006)].

La frecuente susceptibilidad frente a estos fármacos abre la ventana de posibilidades de su utilización para el tratamiento de la LC, hecho a su vez favorecido por la frecuente resistencia reportada para los inhibidores de síntesis de pared celular (betalactámicos); esta diferencia podría obedecer al uso escasamente difundido y poca disponibilidad comercial de los fármacos estudiados, así, las veces que son utilizados se realiza en manos de expertos en el área clínica.

Conclusiones

Se aislaron y caracterizaron 30 cepas de *C. pseudotuberculosis* causales de LC en diferentes rebaños caprinos de seis municipios del estado Falcón, registrándose susceptibilidad en la totalidad de los casos a Aminoglicósidos, D, C y Fluoroquinolonas; mientras que resultados Intermedios y Resistentes pudieron detectarse en otros fármacos (T, E, CC, R, Stx), predominando los últimos al evaluarse la susceptibilidad ante CL, PB y Na.

Vale destacar que la susceptibilidad y la resistencia fueron fenómenos presentes en todos los municipios, es decir, no se registró algún fenotipo de perfil de susceptibilidad con preponderancia en alguna localidad en particular.

Referencias Bibliográficas

- Abreu, S.; Mota, R.; Junior, J.; Rosinha, G.; Castro, R. (2008). Perfil de sensibilidad in vitro de aislados de *Corynebacterium pseudotuberculosis* de caprinos y ovinos con linfadenitis caseosa en sertao de Pernambuco, Vet. E. Zootec. 15: 502-509.
- Ashfaq, M.; Campbell, S. (1979). A survey of caseous lymphadenitis and its etiology in goats in the United States. Vet. Med. Small Anim. Clinician. 74:1161-1165.
- Chirino-Zárraga, C.; Scaramelli, A.; Rey-Valeirón, C. (2006). Bacteriological characterization of *Corynebacterium pseudotuberculosis* in Venezuelan goat

- flocks. *Small Rum. Res.* 65:170-175.
- CLSI (Clinical and Laboratory Standards Institute). (2006a) Performance Standards for Antimicrobial Disk Susceptibility Tests, Approved Standard, 9th edition, M2-A9. Clinical and Laboratory Standards Institute. Wayne, Pennsylvania.
- CLSI (Clinical and Laboratory Standards Institute). (2006b) Performance Standards for Antimicrobial Susceptibility Testing, 16th Informational Supplement, M100-S16. Vol. 26. Clinical and Laboratory Standards Institute. Wayne, Pennsylvania.
- Connon, K.; Fontaine, M.; Rudge, K.; Baird, G.; Donachie, W. (2007). Molecular genotyping of multinational ovine and caprine *Corynebacterium pseudotuberculosis* isolates using pulsed-field gel electrophoresis. *Vet. Res.* 38: 613-1623.
- Connor, K.; Quirie, M.; Baird, G.; Donachie W. (2000). Characterization of United Kingdom isolates of *Corynebacterium pseudotuberculosis* using pulsed-field gel electrophoresis. *J. Clin. Microbiol.* 38:2633-2637.
- Costa, L. (2002). *Corynebacterium pseudotuberculosis*, o agente etiológico da linfadenite caseosa em caprinos. *Rev. Cienc. Med. Biol.* 1:105-115.
- Costa, L.; Spier, S.; Hirsh, D. (1998). Comparative molecular characterization of *Corynebacterium pseudotuberculosis* of different origin. *Vet. Mic.* 62:135-143.
- Garg, D.; Nain, S. (1985). Isolation and characterization of *Corynebacterium ovis* from sheep and goats. *Indian Vet. J.* 62: 805-808.
- Judson, R., Songer, G. (1991). *Corynebacterium pseudotuberculosis*: in vitro susceptibility to 39 antimicrobial agents. *Vet. Mic.* 27: 145-150.
- Literák, I.; Horváthová, A.; Jahnová, M.; Rychlík, I.; Skalka; B. (1998). Phenotype and genotype characteristics of the Slovak and Czech *Corynebacterium pseudotuberculosis* strains isolates from sheep and goats. *Small Rum. Res.* 32: 107-111.
- Muckle, C.; Gyles, C. (1982). Characterization of strains of *Corynebacterium pseudotuberculosis*. *Can. J. Comp. Med.* 46: 206-208.
- Murray, P.; Rosenthal, K.; Pfaller, M. (2006). *Microbiología Médica*, [en línea]. Recuperado el 10 de Mayo de 2011, de http://books.google.com/books?id=ib7AiOFZE0C&printsec=frontcover&hl=es&source=gbg_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=true.
- Zhao, H.; Morimura, H.; Hiramune, T.; Kikuchi, N.; Yanagawa, R and Serikawa, S. (1991). Antimicrobial Susceptibility of *Corynebacterium pseudotuberculosis* Isolates from Lesions of Caseous Lymphadenitis Sheep in Hokkaido, Japan. *J. Vet. Med. Sci.* 53:355-356.

ANÁLISIS DE FRECUENCIAS DE AÑOS SECOS, UTILIZANDO EL PROCESADOR SCRIPT RSARFLM V.3”, CON DATOS CLIMÁTICOS DE LOS LLANOS DE VENEZUELA

Paredes¹ Franklin y Guevara ² Edilberto
¹GICHRI-UNELLEZ ²CIHAM-UC
franklinparedes75@gmail.com

Resumen

La principal región productora de cereales se localiza en los llanos occidentales, centrales y orientales de Venezuela. Estos rubros se cultivan en secano, por lo que su rendimiento depende de la ocurrencia de lluvias. Los llanos son impactados por sequías recurrentes, generando pérdidas económicas e incrementando la importación de cereales. Con el objeto de identificar las zonas más vulnerables a la ocurrencia de sequías, se realizó un análisis regional de frecuencia con datos climáticos de los estados Anzoátegui, Cojedes, Portuguesa y Guárico, definidos en este estudio como la Unidad de Estudio (UE); según las siguientes fases: 1.- identificación de las regiones homogéneas de acuerdo a la distribución de frecuencia de la precipitación anual en la UE (método L-momentos); 2.- determinación de la curva de crecimiento regional en las regiones homogéneas según la distribución de frecuencia de la precipitación anual en la UE. Entre los resultados destacaron: 1.- La UE presenta seis regiones homogéneas según la distribución de la precipitación media anual; 2.- La Función de Distribución de Probabilidad que mejor ajusta a los registros de precipitación anual en la UE es la Generalizada Normal, seguida por la Pearson Tipo III; 3.- Las cuencas de los ríos Unare, Neverí, Manzanare, Aragua (norte de Anzoátegui), San Juan – Guanipa (noreste de Anzoátegui), Manapire (Guárico) y la Mesa de Morichal Largo (sur de Anzoátegui) tienen un alto riesgo de ocurrencia de años secos. Se recomienda usar las curvas de crecimiento regional generadas en esta investigación como un insumo en la planificación agrícola.

Palabras clave: planificación agrícola, agricultura de secano, zona de convergencia intertropical, Venezuela

Introducción

En el territorio venezolano las sequías son un fenómeno recurrente. Entre 1997 y 1998 una sequía redujo cerca del 55% el caudal de aporte a la Central Hidroeléctrica Simón Bolívar (antiguamente, Gurí). En 2001, 2002, 2003 y 2007 se sucedieron temporadas secas extremas y persistentes que menguaron las reservas hídricas de los principales embalses de Los Llanos y la región Centro Costera, afectando severamente la dinámica hidrológica, la producción agrícola y la generación-distribución de la energía hidroeléctrica. En 2010, la sequía fue tal magnitud, que el Gobierno Nacional implementó un racionamiento eléctrico a escala nacional. Los impactos de estos eventos dan cuenta de la vulnerabilidad de los sistemas ambientales, socio-productivos y económicos la ocurrencia de sequías meteorológicas.

En efecto, las sequías causan estragos muy particulares en el sector agrícola, en especial sobre los rubros que dependen de la ocurrencia de lluvias. Los cultivos dependientes de las lluvias se denominan cultivos de secano. Los cereales (arroz [*Oryza sativa*], maíz [*Zea mays L.*] y sorgo [*Sorghum sp.*]), son cultivos de secano, los cuales ocupan extensas tierras en los llanos venezolanos, en especial en Anzoátegui, Cojedes, Portuguesa y Guárico. El sector agroindustrial usa los cereales para producir una amplia variedad de alimentos de consumo masivo como harina de maíz, arroz blanco y otros derivados.

De acuerdo con estadísticas de la Federación de Productores del Agro (FEDEAGRO) refirió que la producción

de maíz, arroz y sorgo en 2011, a consecuencia de la sequía, fue 50% menor a la del año 2007. Esta federación sostuvo que el decrecimiento se debe, parcialmente, a que los últimos años han sido atípicos: un año seco seguido de dos años con periodos lluviosos prolongados (El Universal, 2012). Por otro lado, la Federación Venezolana de Productores de Arroz (FEVEARROZ) advirtió que la disminución de las lluvias afecta directamente el mercado arrocero. En general, la ocurrencia de uno o varios años secos en los llanos venezolanos es una de las causas principales para que los embalses que surten a los sistema de riego, Río Guárico y Las Majaguas, no operen durante el ciclo de verano, quedando así unas 35 mil hectáreas sin sembrar (Kasen, 2009). Por otro lado, los históricos pluviométricos en Venezuela suelen tener una corta longitud de registro y un alto porcentaje de discontinuidad, por tanto los métodos de análisis tradicionales no brindan información confiable sobre la recurrencia de eventos extremos. Esta limitación se resuelve subsanando la carencia de información mediante la utilización de registros climatológicos que tengan una adecuada amplitud temporal y extensa distribución espacial [Álvarez *et al.*, (1999)].

En ese sentido, el Análisis Regional de Frecuencia basado en L-momentos (ARF-LM), desarrollado por Hosking y Wallis (1993) aprovecha la abundancia de información climática con amplia cobertura espacial pero escasa amplitud temporal. El ARF-LM tiene gran robustez estadística y es poco afectado por registros anómalos [outliers];

en general, en el ARF-LM se evalúa el grado de ajuste de los registros disponibles a una amplia variedad de Funciones de Distribución de Probabilidades (FDP) teóricas; luego se selecciona la FDP que mejor representa los registros de un conglomerado de estaciones (región homogénea). Ciertamente, la metodología ARF-LM se aplicó en la elaboración del Atlas de sequías de EEUU [Guttman, (1993); Guttman *et al.*, (1993), el análisis de sequías meteorológicas en el noroeste de México (Hallack- Alegria y Watkins, 2007), Turquía (Yurekli y Anli, 2008), entre otras locaciones.

Además, El ARF- LM se ha contrastado con otras alternativas para regionalizar las sequías en varias ciudades de Europa (Tallaksen y Hisdal, 1997; 1999) y usado en el análisis de eventos de sequías condicionados por el fenómeno El Niño-Oscilación del Sur en el noroeste de Baja California, México [Hallack-Alegria *et al.*, (2011)]. En Sudamérica, el ARF-LM ha sido escasamente empleado. La contribución más significativa corresponde a Núñez *et al.*, (2011) quienes incorporaron el uso de un Sistema de Información Geográfica (SIG) para mapear diversos eventos de sequías, derivados de la aplicación del ARF-LM en una región árida del nor-centro de Chile.

Cabe destacar que el Programa Hidrológico Internacional de la Oficina Regional de Ciencia para América Latina y el Caribe de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO, 2010) publicó una guía metodológica para la aplicación del ARF-LM. En Venezuela,

no existen publicaciones recientes que indiquen el uso del ARF-LM en el análisis de sequías meteorológicas.

El objetivo de esta investigación, es generar información mediante el ARF-LM en los estados Anzoátegui, Cojedes, Portuguesa y Guárico a los fines de contribuir en la toma de decisiones por parte de los productores agrícolas, en particular con los cultivadores de cereales.

Materiales y Métodos

Unidad de estudio

Se entiende por Unidad de Estudio (UE) a la región geográfica cubierta por los estados Anzoátegui, Cojedes, Guárico y Portuguesa, denominados llanos centro – orientales. La UE cubre una superficie e 138.286 km².

Las fases de la investigación fueron las siguientes:

Fase I

Análisis preliminar de las series disponibles

Consistió en los pasos siguientes: 1.- La información pluviométrica así como la meta-data de las estaciones usadas en esta investigación fue suministrada por el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMEH), seleccionándose 152 que estuvieran localizadas dentro de la UE, particularmente aquellas con registros anuales completos, no menores a 15 años de registro. Se elaboraron dos archivos en formato *.csv, denominados Base de Datos Estaciones (BDE) y Base de Datos Registros (BDR). Los archivos BDE y BDR se procesaron con el Script RSARFLM V.3, desarrollado por Núñez (2011). 2.- En cada estación incluida en la BDR y BDE (en lo sucesivo

se denomina, la muestra) se calculó para la variable precipitación anual, la media, coeficiente de variación, valores mínimo y máximo, media, mediana, moda, asimetría y curtosis. Se exploró la ocurrencia de patrones espaciales en estas variables, haciendo uso de un Sistema de Información Geográfica (SIG). 3.- En la muestra, se elaboró un gráfico del tipo caja-bigote (box plot), indicando el rango inter-cuartiles (Q2 y Q4) y los valores atípicos. Se observó la simetría de distribución de frecuencia e identificó los registros atípicos. 4.- En la muestra se realizó un análisis de temporalidad a la variable precipitación anual, a fin de identificar tendencias durante el periodo de análisis; se aplicó una prueba t a la pendiente de la recta. El script RSARFLM V.3 brindó el valor de probabilidad de la prueba (p-value, por el acrónimo en inglés). Un p-value < 0.01 indicó, con un nivel de confianza del 99%, que la serie presentaba una tendencia temporal. 5.- En la muestra, se aplicó un análisis de autocorrelación serial, para detectar años autocorrelacionados; se utilizó la prueba de Durbin-Watson (Helsel y Hirsch, 2002). El script RSARFLM V.3, un p-value < 0.01 indicó, con un nivel de confianza del 99%, que una serie presenta autocorrelación serial. 6.- En la muestra se realizó un análisis de homogeneidad, para identificar series con años no homogéneos atribuibles a factores no naturales. Se utilizó la prueba de homogeneidad de Easterling *et al.*, (1996), incluida en el software comercial AnClim 5.025™ de Stepanek (2003). Las series con valores atípicos inexplicables, tendencia, autocorrelación

serial y/o años no homogéneos, se descartaron.

Fase II

Identificación de regiones homogéneas

Incluyó la metodología siguiente: 1.- Con el script RSARFLM V.3 se determinó la heterogeneidad de la súper-región (las estaciones seleccionadas en la Fase anterior) con la estadística H1 (ecuación 3) y calculo la medida de discordancia (Di) de cada estación, con relación a la súper-región, es decir:

$$t^R = \frac{\sum_{i=1}^N \eta_i t^{(i)}}{\sum_{i=1}^N \eta_i} \dots\dots\dots(1)$$

$$V = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N \eta_i (t^{(i)} - t^R)^2}{\sum_{i=1}^N \eta_i}} \dots\dots\dots(2)$$

$$\frac{(V - u_v)}{\sigma_v} \dots\dots\dots(3)$$

Donde: H_i medida de heterogeneidad, adimensional; N es el número de estaciones incluidas en la región i ; n_i longitud de registros de la estación i en años; $t^{(i)}$ L-momento ratio de la estación i , adimensional; t^R L-momento ratio de la región, adimensional; μ_V media de N simulaciones, en mm; σ_V desviación estándar de N simulaciones, en mm. La variable de interés fue la lluvia total anual, en mm/año. 2.- Se aplicó un análisis clúster jerárquico a las estaciones de la súper-región, empleando el algoritmo de Ward (enlace por mínima varianza) y la distancia euclidiana como parámetro de similitud (Pérez, 2004). Las variables de agrupamiento fueron: latitud (en grados decimales), longitud (en grados decimales), altitud (en msnm), discordancia (determinada en el paso anterior) y la precipitación media anual de la estación, en mm/año. Debido a que las unidades de medidas de las variables eran diferentes, se estandarizaron antes del análisis clúster. Para seleccionar el número de clúster definitivo se usó el dendrograma. En esta etapa, se empleó el software estadístico comercial Minitab 16™. 3.- Cada estación de la súper-región se asoció a un clúster. Se analizaron todas las estaciones de la súper-región, agrupadas según el clúster de pertenencia con el script RSARFLM V.3, determinando así la heterogeneidad de cada región (clúster) con el estadístico $H1$ y la medida de discordancia Di de las estaciones con relación a los L-momentos regionales. La variable de interés fue la lluvia total anual, en mm/año. El proceso anterior fue iterativo, por tanto, en cada corrida del script, las estaciones discordantes fueron movidas

a las regiones contiguas o eliminadas si fuese necesario. Las iteraciones se detuvieron cuando no se observaron estaciones discordantes en cada región y el valor de $H1$ de todas las regiones fue ≤ 3.00 [Wallis *et al.*, (2007)]. 4.- Usando un SIG se representaron las estaciones que forman parte de las regiones homogéneas.

Fase III

Selección de la Función de Distribución de Probabilidades (FDP) con el mejor ajuste. Abarcó la siguiente secuencia de pasos: 1.- Se calculó el estadístico Z^{DIST} (ecuación 4) en cada región homogénea con el script RSARFLM V.3, así se determinó la bondad de ajuste de las FDP teóricas: Generalizada Logística (GLO), Generalizada de Valor Extremo (GEV), Generalizada Normal (GNO), Pearson Tipo III (PE3) y Pareto Generalizada (GPO). Cuando $|Z^{DIST}| < 1.64$, se aceptó la hipótesis de buen ajuste de los registros a la distribución, en caso contrario, se rechazó (el grado de significación estadística es igual a 90%); esto es:

$$Z^{DIST} = \frac{\tau_4^{DIST} - \bar{\tau}_4}{\sigma_4} \pm \beta_4 \dots\dots\dots(4)$$

Donde: τ_4^{DIST} es el valor teórico de L-kurtosis de la FDP que se evalúa (obtenido de los diagramas L-kurtosis vs L-skewnees); $\bar{\tau}_4$ es el promedio regional de L-kurtosis; β_4 es el sesgo del promedio regional de τ_4 ; σ_4 es la desviación estándar de τ_4 . 2.- Se seleccionó la FDP teórica que mejor se ajustó a los registros de las regiones homogéneas. Luego, se calcularon los parámetros de la FDP: μ = parámetro de posición; α = parámetro de escala y k = parámetro de forma, usando las relaciones de Hosking y Wallis, (1997).

Fase IV

Estimación de cuantiles y generación de curva de crecimiento regional

Haciendo uso de la FDP seleccionada en la fase anterior, se generó la Curva de Crecimiento Regional (CCR). La CCR es una gráfica que tiene por el eje de ordenadas, la relación entre la precipitación media local / precipitación media regional y por el eje de abscisas, la probabilidad de no excedencia anual. La CCR en cada región homogénea se generó con el script RSARFLM V.3

Resultados y Discusión

Regiones homogéneas identificadas

La súper-región (contiene todas las estaciones de la muestra), presentó un **H1** de 11.86 y valores de discordancias que varían entre 0.065 y 14.147. Solo 5% de las estaciones mostraron discordancia

superior a 3. Ninguna de las Funciones de Distribución de Probabilidad evaluadas (Generalizada Logística, GLO; Generalizada de Valor Extremo, GEV; Generalizada Normal, GNO; Pearson Tipo III, PE3 y Pareto Generalizada, GPO), ajustó adecuadamente la variable precipitación anual en la súper-región, no obstante, la GNO brindó la mejor aproximación ($|Z^{DIST}| = 1.80$). El análisis clúster jerárquico basado en el algoritmo Ward, indicó que la agrupación de 6 clúster presenta grupos con estaciones altamente intercorrelacionadas e incorrelacionadas con la de otros grupos. Las estaciones discordantes se movieron iterativamente a regiones vecinas o fueron eliminadas. En cada iteración se determinó **H1** y el valor de discordancia. El proceso finalizó cuando en todas las regiones: **H1** ≤ 3.00 .

En total, 13 estaciones (8.55%) que formaban parte de la súper-región, se eliminaron por ser discordantes. La región 1 es la más árida y se sitúa en la parte baja de la depresión del río Unare, a lo largo de la zona costera del estado Anzoátegui. La región 2, con la mayor extensión superficial, cubre la zona central de Anzoátegui (Mesa de Guanipa) y Guárico. La región 3 es geográficamente discontinua y forma pequeños conglomerados al noreste de Anzoátegui y norte de Guárico y Cojedes; casi la totalidad de las

estaciones se sitúan en la vertiente sur de la Cordillera de la Costa y están orientadas paralelamente a la dirección predominante de los vientos Alisios (este y noreste). La región 4 es la más húmeda, tiende a concentrarse en la subcuenca alta del río Bocono en Portuguesa. La región 5 se extiende a lo largo del altiplano y las zonas bajas de la cuenca del río Portuguesa, en estado Portuguesa y la subcuenca del río Tiznado, en Guárico; los llanos del estado Cojedes se extienden entre ambas subcuencas. La región 6 abarca las planicies y desembocaduras de los ríos Guariquito, Manapire, Zuata, Pao y Caris al sur de Guárico y Anzoátegui.

En general: 1) las zonas con climas semiárido, tienen una alta heterogeneidad regional con relación a las zonas de clima húmedo; 2) el L-CV regional tiende a aumentar en la medida que la Precipitación Media Anual (PMA)

disminuye; 3) el L-skewness y L-kurtosis regionales no presentan una clara relación con la PMA. Las inferencias anteriores, indicadas como 1 y 2, son análogas a las reportados por Nuñez et al. (2011) en la región del Coquimbo en Chile y, Hallack-Alegria y Hernández, en Sonora y Baja California, en México (Hallack-Alegria y Watkins, 2007), lo que hace suponer que estas interrelaciones son generalizables a las regiones áridas y semiáridas

Selección de la Función de Distribución de Probabilidades (FDP) con mejor ajuste en las regiones homogéneas

La Tabla 1 muestra el Z^{DIST} de cada región homogénea. En general, la FDP que mejor ajusta a los registros de PMA es la GNO (Generalizada Normal), seguida por la Pearson Tipo III (PE3). Esta última, es ligeramente deficiente a la GNO en la región 4.

Tabla 1.- Valor absoluto del estadístico Z^{DIST} en las regiones homogéneas en la UE.

FDP	Reg. N° 1	Reg. N° 2	Reg. N° 3	Reg. N° 4	Reg. N° 5	Reg. N° 6
GLO	3.23	4.09	2.72	0.36	4.45	2.29
GEV	1.18	1.00	0.05	1.64	1.67	0.59
GNO	0.04	0.39	0.25	1.59	0.56	0.28
PE3	0.04	0.71	0.05	1.90	0.69	0.48
GPA	9.14	11.05	5.56	5.78	13.32	6.31

Nota: Generalizada Logística (GLO), Generalizada de Valor Extremo (GEV), Generalizada Normal (GNO), Pearson Tipo III (PE3) y Pareto Generalizada (GPO); Cuando $|Z^{\text{DIST}}| < 1.64$, se acepta la hipótesis de buen ajuste de la distribución, caso contrario, se rechaza (el grado de significación estadística de este criterio, 90%)

Curvas de crecimiento regional en las regiones homogéneas identificadas en los estados Anzoátegui, Cojedes, Portuguesa y Guárico

Las Figuras 1 a 6 son las curvas de crecimiento regionales, obtenidas a partir de FDP Pearson Tipo III. A manera ilustrativa se presenta un ejemplo del uso de las curvas regionales. Supóngase que en la Mesa de Guanipa (estado Anzoátegui), se desea estimar el periodo de retorno de un año cuya precipitación sea del 80% la precipitación media anual. Los pasos a seguir serian: 1.- se identifica la región homogénea donde está la locación bajo estudio: la Mesa de Guanipa está en la región homogénea 2; 2.- se determina la relación P_i/P_{media} : en el caso que nos ocupa, la relación es

0.80; 3.- se selecciona la Figura 2, por estar asociada a la región homogénea 2; 4.- se cruza la relación P_i/P_{media} con la curva y luego, se lee el periodo de retorno; 5.- la curva regional indica que este evento tiene un periodo de recurrencia de 4.70 años; 6.- finalmente, se concluye que en la Mesa de Guanipa (estado Anzoátegui), el periodo de retorno de un año cuya precipitación sea del 80% la PMA es de 4.70 años.

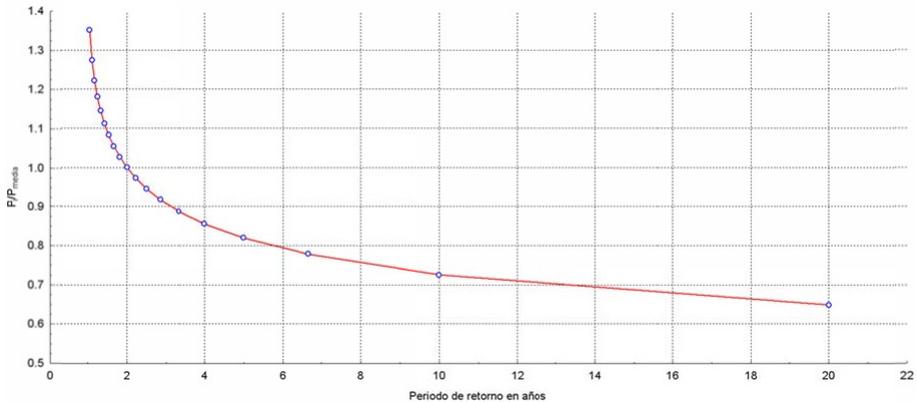


Figura 1.- Curva de crecimiento regional de la región homogénea N° 1. $P_{media}=833.52$ mm/año

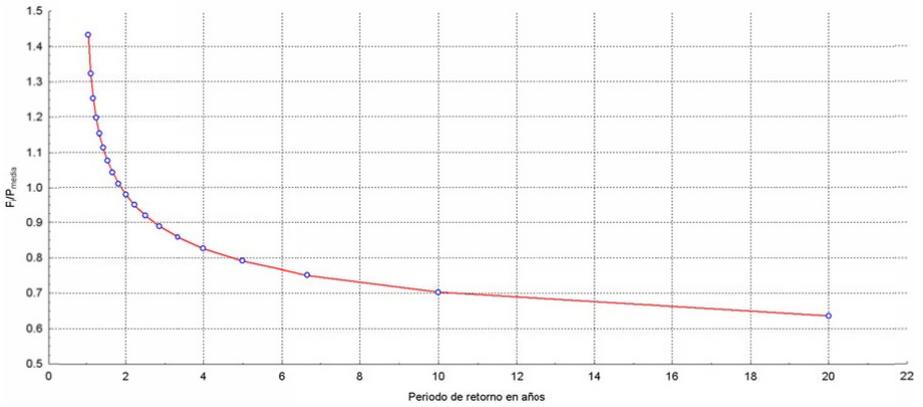


Figura 2.- Curva de crecimiento regional de la región homogénea N° 2. $P_{media} = 935.96$ mm/año

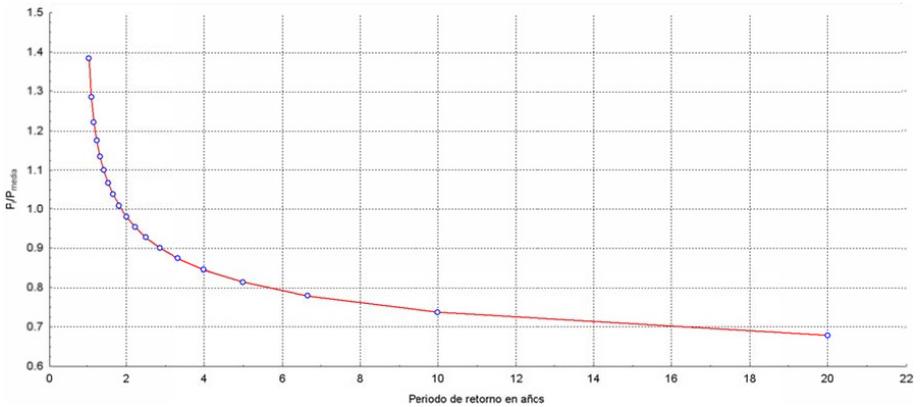


Figura 3.- Curva de crecimiento regional de la región homogénea N° 3. $P_{media} = 1135.14$ mm/año

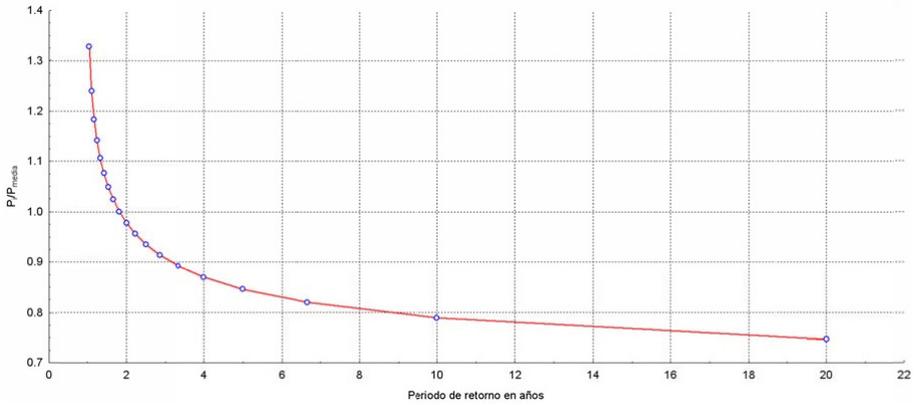


Figura 4.- Curva de crecimiento regional de la región homogénea N° 4. $P_{media} = 2201.48 \text{ mm/año}$

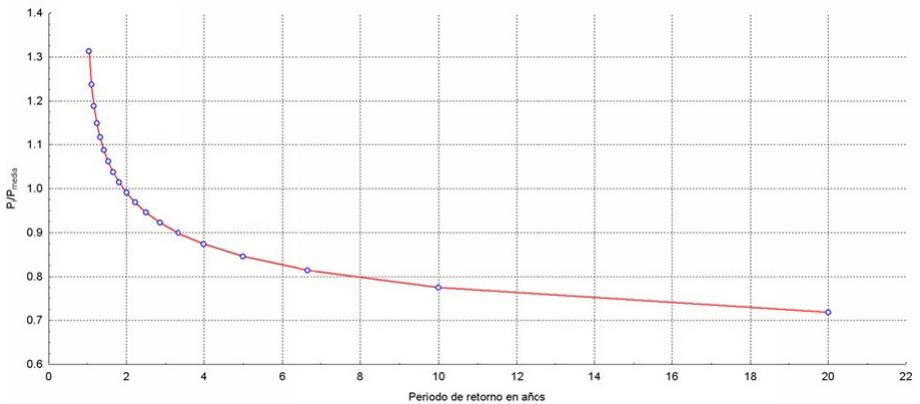


Figura 5.- Curva de crecimiento regional de la región homogénea N° 5. $P_{media} = 1472.14 \text{ mm/año}$

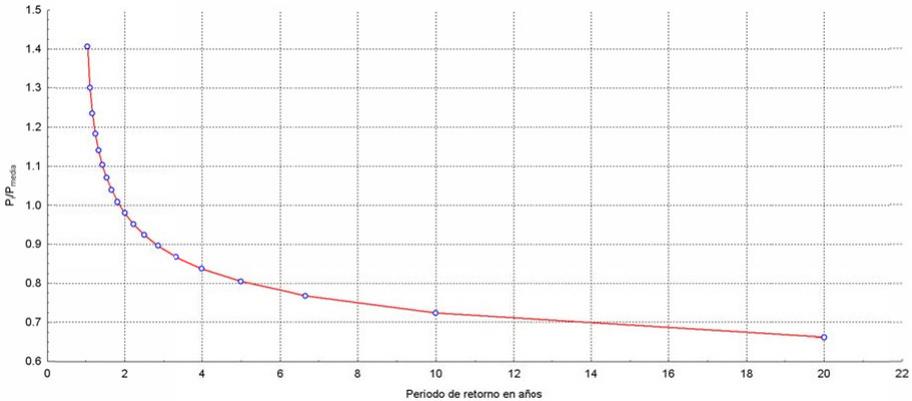


Figura 6.- Curva de crecimiento regional de la región homogénea N° 6. Pmedia =1154.81 mm/año

Conclusiones

Las cuencas de los ríos Unare, Neverí, Manzanares, Aragua (norte de Anzoátegui), San Juan – Guanipa (noreste de Anzoátegui), Manapire (Guárico) y la Mesa de Morichal Largo (sur de Anzoátegui) son las zonas con mayor riesgo de ocurrencia de años secos.

De acuerdo a lo anteriormente expuesto, se sugiere al sector productor de cereales en estas zonas, evaluar el uso de fuentes subterráneas, optimización del manejo del agua en la cuenca y/o siembra de variedades que puedan adaptarse a las sequías. Se recomienda actualizar este estudio a medida que se disponga de nuevos registros pluviométricos.

Agradecimiento

Los autores agradecen el apoyo del programa RALCEA-EUROCLIMA de la Comisión Europea para América Latina y a Jorge Núñez del Centro del Agua para Zonas Áridas y Semiáridas

de América Latina y el Caribe (Serena-Chile). Esta investigación es un producto del proyecto PEI-2011001251, financiado por FONACIT.

Referencias Bibliográficas

- Álvarez, M.; Puertas, J.; Soto, B.; Díaz-Fierros, F. (1999). Análisis regional de las precipitaciones máximas en Galicia mediante el método del índice de avenida. *Ingeniería del Agua*. 6(4): 283-290.
- Easterling, R.; Peterson, C.; Karl, T. (1996). On the development and use of homogenized climate data sets. *Journal of Climate* (9): 1429-1434.
- El Universal. (2012). Venezuela: producción de cereales está a 50% de lo registrado en 2007.
- Guttman, N. (1993). The use of L-Moments in the determination of regional precipitation climates. *Journal of Climate*. 6(12): 2309-2325.
- Guttman, N.; Hosking, J.; Wallis, J. (1993). Regional precipitation quantile values for the continental United States

- computed from L-Moments. *Journal of Climate*. 6(12): 2326-2340.
- Hallack-Alegria, M.; Ramirez-Hernandez, J.; Watkins, D. (2011). ENSO-conditioned rainfall drought frequency analysis in northwest Baja California, Mexico. *International Journal of Climatology*. Published online in Wiley Online Library
- Hallack-Alegria, M.; Watkins, D. (2007). Annual and warm season drought intensity-duration- frequency analysis for Sonora, Mexico. *Journal of Climate*. 20 (9): 1897-1909.
- Helsel, D.; Hirsch, R. (2002). Statistical methods in water resources. USGS, Book 4, Hydrologic Analysis and Interpretation, Chapter 3. 250 pp.
- Hosking, J.; Wallis, J. (1997). Regional frequency analysis: an approach based on L-moments. Cambridge University Press, Cambridge, U.K. 224 pp.
- Hosking, J.; Wallis, J. (1993). Some statistics useful in regional frequency analysis. *Water Resources Research*. 29(2): 271-281
- Kassen, F. (2009). El arroz en Venezuela. Memorias, [CD-ROM] Primer Foro Arrocero Venezuela 2009. Acarigua, Venezuela
- Núñez, J.; Verbist, K.; Wallis, J.; Schaefer, M.; Morales, L.; Cornelis, W. (2011). Regional frequency analysis for mapping drought events in north-central Chile. *Journal of Hydrology*. (405) 3-4: 352-366.
- Núñez, J. (2011). RSARFLM v.3. Regional Frequency Analysis L-moments R Script. Water Center for Arid and Semiarid Zones of Latin America and the Caribbean. CAZALAC. La Serena, Chile
- Pérez, C. (2004). Técnicas de análisis multivariante de datos: aplicaciones con SPSS. Pearson Prentice Hall, Madrid. 672 pp.
- Štěpánek, P. (2003). AnClim - software for time series analysis. Department of Geography, Faculty of Natural Sciences, MU, Brno. 1.47 MB.
- Tallaksen, L.; Hisdal, H. (1997). Regional analysis of extreme streamflow drought duration and deficit volume. In: Gustard, A., Blazkova, S., Brilly, M., Demuth, S., Dixon, J., Van Lanen, H., Llasat, C., Mkhandi, S., Servat, E. (Eds.), FRIEND'97- Regional Hydrology: Concepts and Models for Sustainable Water Resource Management, Ed. IAHS Publication 246:141-150.
- Tallaksen, L.; Hisdal, H. (1999). Classification of methods of regional drought streamflow series: the EOF method and L-moments. *Technic Report No. 2*, [en línea]. Recuperado el 18 de Julio de 2009, de <http://www.hydrology.uni-freiburg.de/forsch/aride/navigation/publications/publications.htm>.
- UNESCO. (2010). Guía metodológica para la aplicación del análisis regional de frecuencia de sequías basado en l-momentos y resultados de aplicación en América Latina. Documento N° 27 publicado por el Programa Hidrológico Internacional (PHI) de la Oficina Regional de Ciencia para América Latina y el Caribe de la Organización de las naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO). Montevideo, Uruguay. 87 pp.
- Wallis, J.; Schaefer, M.; Barker, B.; Taylor, G. (2007). Regional precipitation-frequency analysis and

spatial mapping for 24-hour and 2-hour durations for Washington States. Hydrology Earth System Science. 11(1): 415-442.

Yurekli, K.;Anli, A. (2008). Analyzing

drought based on annual total rainfalls over Tokat province. International Journal Natural Engineering Science. 2(2): 21–26.

CAPACIDAD ANTAGÓNICA *IN VITRO* DE *TRICHODERMA SPP.* FRENTE A *COLLETOTRICHUM* *GLOESPORIOIDES* CAUSANTE DE LA ANTRACNOSIS EN CAFÉ (*COFFEA ARABICA L.*)

Gómez Robert, Sanabria Nelly, Pérez Helen.
Laboratorio de Micología. Cátedra de Fitopatología. Departamento de
Botánica Agrícola. Facultad de Agronomía. Universidad Central de
Venezuela.
nellyhortensia@gmail.com

Resumen

En la mayoría de las zonas productoras del mundo, la antracnosis causada por *Colletotrichum gloeosporioides* es una de las enfermedades más importantes en el cultivo de café (*Coffea arabica L.*). Ésta es combatida con agroquímicos poco específicos, pero la mayoría de los agricultores no cuentan con suficiente información del manejo adecuado de dichos productos químicos, lo cual ha motivado la búsqueda de otros métodos menos contaminantes para combatir los patógenos de plantas. El objetivo de esta investigación fue evaluar la capacidad antagónica *in vitro* de seis aislamientos de *Trichoderma spp.* (LA1, LA2, 06146, 06141, Punta Larga y Tricobiol), para ello se realizaron pruebas de cultivos duales donde se enfrentaron con *Colletotrichum gloeosporioides*, luego de comprobar su patogenicidad. Para demostrar la capacidad antagónica de *Trichoderma spp.* con el patógeno, se realizó la prueba *in vitro*, haciendo mediciones diarias del crecimiento micelial del patógeno, para obtener el porcentaje de inhibición del crecimiento (PIC), y finalmente a los siete días se determinó el número de conidios/cc para calcular el porcentaje de inhibición de esporulación (PIE). Se empleó un diseño completamente al azar con seis repeticiones por tratamiento. El aislamiento LA2 identificado como *Trichoderma harzianum*, fue el que mejor controló el crecimiento micelial de *Colletotrichum gloeosporioides*, con un PIC de 64.09%. Los aislamientos de *Trichoderma harzianum* que mejor controlaron la esporulación del patógeno fueron 06146 y LA2, con un PIE de 98.76% y 97.83 % respectivamente. El aislamiento de *Trichoderma harzianum* (LA2), se considera el mejor por ser nativo de la zona.

Palabras clave: *Trichoderma spp.*, *Colletotrichum gloeosporioides*, *Coffea arabica L.*, antracnosis en café, crecimiento micelial.

Introducción

En la mayoría de las zonas productoras del mundo, la antracnosis causada por *Colletotrichum gloeosporioides* es una de las enfermedades más importantes en el cultivo de café (*Coffea arabica* L.). Ésta es combatida con agroquímicos poco específicos, pero la mayoría de los agricultores no cuentan con suficiente información del manejo adecuado de dichos productos químicos, lo cual ha motivado la búsqueda de otros métodos menos contaminantes, para combatir los patógenos de plantas (Guanipa, 2000)

En los últimos años han aparecido nuevas alternativas de control de fitopatógenos, como es el uso de biocontroladores, de gran interés agronómico. Aunque ya en 1951 se había demostrado que podía limitarse el desarrollo de algunos patógenos mediante controladores biológicos, no fue sino hasta la década de los 70 que se logró desarrollar el control biológico de *Colletotrichum sp.* Desde los primeros estudios hasta la fecha, se ha establecido el efecto de *Trichoderma* spp. como antagonista de distintas cepas del hongo en diferentes cultivos (Abbott, 1997).

Por lo tanto, el objetivo general de esta investigación fue evaluar bajo condiciones *in vitro* la efectividad del hongo *Trichoderma spp.* para el control de *Colletotrichum gloeosporioides* causante de la antracnosis del café (*Coffea arabica* L.).

Materiales y Métodos

Recolección de muestras

Se recolectaron muestras de suelo, de hojas y frutos de café con síntomas de antracnosis en la Estación Experimental

Jaime Henao Jaramillo (El Laurel) perteneciente a la Facultad de Agronomía de la Universidad Central de Venezuela, ubicada en el municipio Cecilio Acosta, Distrito Guaicaipuro del estado Miranda. Las mismas fueron colocadas en bolsas de papel y llevadas para ser procesadas y evaluadas a la Clínica de Enfermedades de Plantas de la Sección de Fitopatología del Instituto de Botánica de la Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela, Maracay, estado Aragua.

Procesamiento de las muestras

Aislamiento e identificación de *Colletotrichum gloeosporioides*

Se tomaron muestras de hojas en diversos estados de desarrollo con los síntomas de la enfermedad, se lavaron abundantemente con agua corriente., inmediatamente fueron tratados por 3 minutos con hipoclorito de sodio (NaClO) al 3%, se lavaron con agua destilada estéril y fueron secados con papel absorbente estéril. se seleccionaron trozos de tejido del margen de la lesión seguidamente se cortaron entre 3 y 5mm de diámetro, estos trozos se colocaron en forma equidistante en placas Petri conteniendo medio papa dextrosa agar (PDA), finalmente, se incubaron a temperatura de 28 a 30 °C durante 5 días hasta observar el desarrollo de las colonias. Luego las colonias se replicaron en tubos de ensayo con PDA en forma de cuña y una vez evidenciado el crecimiento del patógeno se conservaron en refrigeración a 8°C.

Para establecer la identidad del organismo patógeno, a partir de las placas almacenadas en refrigeración con medio de cultivo PDA en forma de cuña, se procedió a replicar en placas

con PDAA, una vez desarrolladas las colonias, se realizó preparados microscópicos para ser observados y hacer descripciones tales como color del micelio, forma y tamaño de los conidios en un microscopio de luz. Finalmente se comparó con lo descrito por Sutton (1992).

Aislamiento de los Antagonistas

Dilución en plato de Agar

Se preparó una solución madre con la muestra de suelo, es decir, se colocaron 100 g. de la muestra de suelo en 100 ml de agua destilada estéril (ADE) y se agitó fuertemente. A partir de esta solución madre se realizaron las posteriores diluciones. Las muestras de suelo previamente tamizadas se fraccionaron en submuestras de 10 g cada una. Cada submuestra fue colocada en un frasco de vidrio y se agitó fuertemente con 90 mL de agua destilada esterilizada (ADE). A partir de ésta solución madre, en una cámara de flujo laminar se realizaron diluciones seriadas, en la cual se tomó 1 mL con una pipeta esterilizada y se vertió en el interior de un tubo de ensayo que contenía 9 mL de ADE (dilución 10^{-1}). Este procedimiento se repitió hasta llegar a la dilución 10^{-5} .

De la dilución (10^{-5}), se tomó 1 ml, el cual se colocó en una caja de Petri; posteriormente se le añadieron 15 ml. de papa dextrosa agar acidificado (PDAA) licuado; se dejó solidificar y se colocó en una incubadora a 28 °C. Después de 4 días de incubación se procedió a purificar en platos Petri con PDAA y posteriormente fueron transferidas a tubos de ensayo con PDA para conservarlas, identificarlas y usarlas en las respectivas pruebas.

Identificación de *Trichoderma* spp

Para realizar las caracterizaciones se tomó en cuenta tanto las observaciones macroscópicas como las observaciones microscópicas. En la caracterización macroscópica se consideraron las características como color y forma de la colonia y relieve del micelio (ralo, denso o aéreo tupido) de las colonias. Para la caracterización microscópica se consideró la estructura del hongo: forma y tamaño de los conidios, conidióforos, fiálides, y clamidosporas; a fin de identificar el antagonista con lo descrito en la literatura [Rifai, (1969); Bisset, (1991)].

Prueba de patogenicidad

Procedencia de las plantas

Para esta prueba se utilizaron seis (6) plantas sanas del cultivar Catuai rojo, provenientes de la Estación Experimental El Laurel, las cuales fueron llevadas a la Clínica de Enfermedades de Plantas de la Cátedra de Fitopatología. Se tomaron tres (3) plantas, las cuales fueron inoculadas y las tres (3) restantes se utilizan como testigo.

Preparación del inóculo del microorganismo patógeno

A un aislamiento puro del patógeno proveniente de los tubos con PDA en cuña fueron colocados en placas Petri con el mismo medio acidificado (PDAA) con ácido láctico al 50% a razón de 50 gotas/L para evitar el desarrollo de colonias bacterianas. Todas las cápsulas se colocaron en cámara de crecimiento durante 10 días. Una vez desarrollado el patógeno; se agregaron 20 ml de agua destilada estéril (ADE) en una placa Petri, luego se realizó un raspado de la colonia para desprender los conidios,

filtrando con gasa estéril la suspensión del inóculo; seguidamente se tomó una gota de esa suspensión con la ayuda de una pipeta Pasteur y se colocó en una cámara de Neubauer o hematocimetro, en la cual se ajustó la concentración a 10^6 conidios/cc.

Inoculación de las plantas por aspersión

Se realizó la inoculación del hongo sobre las plantas usando un aspersor con una concentración de 1×10^6 conidios/cc. Las plantas se colocaron en cámara húmeda durante 7 días, donde a través de observaciones diarias se evaluó la aparición de los síntomas de la enfermedad. A partir de las plantas inoculadas, se hicieron reaislamientos para verificar el cumplimiento de los postulados de Köch.

Pruebas de enfrentamiento

A partir de aislamientos del patógeno y el antagonista de ocho y tres días de edad respectivamente, se procedió a realizar los enfrentamientos entre ambos en placas Petri con medio de cultivo PDAA, para lo cual, con la ayuda de una pipeta Pasteur previamente esterilizada, se cortaron discos de 5mm de diámetro del patógeno y el antagonista, luego cada disco, se colocó de forma equidistante en la placa Petri, se identificaron y se colocaron en incubación a 28°C durante 7 días. Se realizó un tratamiento testigo que consistió en colocar en placas Petri con PDAA un disco con micelio del hongo patógeno. Se realizaron un total de 5 repeticiones del enfrentamiento del patógeno vs. antagonista y 5 repeticiones de los testigos. Todas las placas se incubaron durante 7 días con una temperatura promedio de 28°C.

Se realizaron mediciones diarias del crecimiento radial del patógeno (cm/día) el cual se tomó desde el borde del disco hasta el borde del halo de inhibición del antagonista, empleando estas mediciones para determinar el porcentaje de inhibición de crecimiento (PIC). En la última evaluación, se determinó además, el número de conidios/cc, para obtener el porcentaje de inhibición de esporulación (PIE). Ambos porcentajes vienen dados por las siguientes fórmulas de J. M. Vicent citadas por Mentel *et al.*, (1976).

Porcentaje de inhibición de crecimiento

$$\text{PIC (\%)} = \frac{(\text{crec. del testigo} - \text{crec. del tratamiento}) \times 100}{(\text{Crecimiento del testigo})}$$

Porcentaje de inhibición de esporulación

$$\text{PIE (\%)} = \frac{(\text{esporulación del testigo} - \text{esporulación del tratamiento}) \times 100}{(\text{Esporulación del testigo})}$$

Diseño de experimentos

Se utilizó un diseño completamente aleatorizado con seis tratamientos y seis repeticiones. El programa estadístico empleado fue Statistix 8.0. A los datos obtenidos se les verificó los supuestos de los análisis de varianza, por no cumplirse éstos, se analizaron por vía no paramétrica aplicando la prueba de Kruskal y Wallis (con un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$).

Resultados y Discusión

Aislamiento e identificación de *Colletotrichum gloeosporioides*

De las muestras de hojas de café se aislaron consistentemente colonias de aspecto algodonoso, de color blanco y ligeramente grisáceo hacia los extremos, con el centro de color gris verdoso y crecimiento moderadamente lento, que cubrió la placa de Petri al noveno día, en el centro de la colonia se observaron pequeñas masas de acérvulos de color anaranjado. Las observaciones al microscopio revelaron que estas colonias presentaban un micelio hialino, conidios unicelulares alargados

y con extremos redondeados de $13.6 \times 3 \mu\text{m}$, coincidiendo ésta descripción con la reportada por la literatura para *Colletotrichum gloeosporioides* (Sutton, 1992), [Figura 1 (A) y (B)].

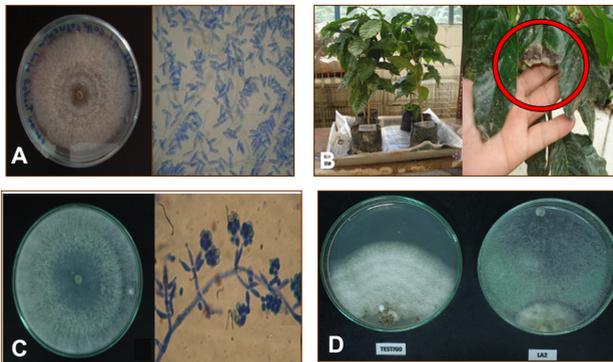


Figura 1. A.- Colonia y conidios del hongo *Colletotrichum gloeosporioides* en PDA. B.- Plantas inoculadas con *Colletotrichum gloeosporioides*, mostrando manchas. C.- Colonia y conidióforos del hongo *Trichoderma harzianum* (LA2) en PDA. D.- Enfrentamiento entre *Colletotrichum gloeosporioides* y *Trichoderma harzianum* (LA2) y testigo.

Aislamiento e identificación de los antagonistas *Trichoderma* spp

Se evaluaron seis aislamientos de los antagonistas, de los cuales, dos se colectaron de la rizósfera de las plantas de café muestreadas (LA1 y LA2) y las

restantes suministradas por el banco de cepas de la Clínica de enfermedades en plantas (Tabla 1).

Tabla 1. Aislamientos de *Trichoderma* spp. de diferentes localidades del estado Aragua y el estado Miranda.

Denominación	Identificación	Cultivo	Procedencia
LA1	<i>Trichoderma</i> sp.	Café	Estación experimental El Laurel, estado Miranda
LA2	<i>Trichoderma harzianum</i>	Café	Estación experimental El Laurel, estado Miranda
Punta Larga	<i>Trichoderma</i> sp.	Pimentón	Finca punta larga, estado Aragua
6141	<i>Trichoderma crassum</i>	Tomate	Arenales, estado Aragua
6146	<i>Trichoderma harzianum</i>	Caraota	Finca los Dolores, Tucutunemo, estado Aragua
Tricobiol	<i>Trichoderma harzianum</i>	-----	Formulación Comercial

Prueba de patogenicidad

En las pruebas para comprobar la **patogenicidad** del aislamiento de *Colletotrichum*, se obtuvo como resultado que todas las plantas inoculadas con el patógeno mostraron a los 15 días síntomas similares a los causados por la antracnosis tales como manchas de forma irregular, de color pardo, que empiezan desde el margen de la hoja, comparado con el testigo que no mostró síntomas. Los síntomas aquí descritos coinciden con los señalados por Guanipa (2000). Luego de realizar los reaislamientos correspondientes, la colonia aislada coincide con los originalmente inoculados, resultando así la prueba positiva, ratificando que este aislamiento de *Colletotrichum* es patogénico y virulento en plantas de café.

Prueba de enfrentamiento

El aislamiento LA2 identificado como *Trichoderma harzianum*, fue el más efectivo en controlar el crecimiento micelial de *Colletotrichum gloeosporioides*, con un PIC de 64.09%.

Los aislamientos de *Trichoderma harzianum* que mejor controlaron la esporulación del patógeno fueron 06146 y LA2, con un PIE de 98.76% y 97.83 % respectivamente [Figura. 1. (C) y (D)]. Esto coincide con los resultados obtenidos en otras investigaciones similares donde se observó alto PIE *in vitro* al realizar enfrentamientos de *Trichoderma harzianum*. Contra *Colletotrichum gloeosporioides* obtenido de aislamientos en plantaciones de mango (*Mangifera indica*), (Sarmiento, 2009).

Conclusiones

La prueba de patogenicidad, demostró que el aislamiento de *Colletotrichum gloeosporioides* es patogénico en plantas de café.

En cuanto a los antagonistas obtenidos de muestras de suelo de la E.E. “Jaime Henao Jaramillo - El Laurel” (UCV) fueron identificados como *Trichoderma harzianum* y *Trichoderma* sp.

Los aislamientos de *T. harzianum* (LA2) y (06146) resultaron los más efectivos

para inhibir el crecimiento micelial y la esporulación de *Colletotrichum gloeosporioides*.

El aislamiento de *Trichoderma harzianum* (LA2), se considera el más efectivo por ser nativo de la zona.

Referencias Bibliográficas

Abbott, L. (1997). Nuevas estrategias de control cultural, biológico y químico en frutales. Facultad de Ciencias. Agrarias, Universidad de Chile. Santiago, Chile. pp. 82-88.

Bisset, J. (1991). A review of the genus *Trichoderma* II. Infrageneric classification. Can. J. Bot. 69 (11): 2357-2372.

Guanipa, J. M. (2000). Café, Plagas y Enfermedades. Servicios Gráficos. Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela. 43 pp.

Mentel, L.; Machado, C.; Minussi, E.;

Castro, C.; Kimati, H. (1976). Efecto de algunos fungicidas en el crecimiento micelial de *Macrophomina phaseolina* (TASS) Goid *in vitro*. Revista de Fitopatología Brasileira. 1(2): 57-66.

Rifai, M. A. (1969). A revision of the genus *Trichoderma*. Commonwealth Mycological Institute. England. 116 pp.

Sarmiento, A. (2009). Control biológico *in vitro* e *in vivo* de *Colletotrichum gloeosporioides* causante de la antracnosis en mango (*Mangifera indica*) con el uso de *Trichoderma* spp. Tesis de Grado. Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela. Maracay, Venezuela. 25 pp.

Sutton, B.C. (1992). The genus *Glomerella* and its anamorph *Colletotrichum*. In Bailey, J.A. and Jeger, M.J. (eds) *Colletotrichum-Biology. Pathology and Control*. CAB International. Wallingford. 1-26.

CARACTERIZACIÓN AGROCLIMÁTICA DE LOS LLANOS CENTRALES DEL ESTADO GUÁRICO

Ferrer¹ Jairo, Hernández² Rafael, Valera¹ Angel.

¹ Centro de Investigación y Extensión en Suelos y Aguas, Universidad Rómulo Gallegos.

² Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, Venezuela.
jferrer@unerg.edu.ve,

Resumen

Es presentada la caracterización del clima en los Llanos Centrales del estado Guárico siguiendo el método de *Thornthwaite*, y la elaboración del calendario de siembra, a partir de balances hídricos mensuales, donde la evapotranspiración potencial (ETP) fue estimada por la fórmula de *Penman-Monteith*. Se usaron 45 estaciones meteorológicas, con datos homogéneos de 29 años (1969-1997) y un Sistema de Información Geográfica para generar los mapas por interpolación. Se obtuvieron 3 tipos climáticos: Subhúmedo Húmedo (C_2) y Subhúmedo Seco (C_1), que presentan el mejor potencial para la agricultura, y Semi Árido (**D**). El C_2 con ≤ 5 meses secos, esta mayormente en el sur de la zona de estudio (7.904 Km²). La situación hídrica intermedia corresponde al C_1 con 5 o 6 meses secos y una extensión de 20.503 Km². En contraste con 7 meses secos, en la parte noreste se presenta el **D** (10.671 Km²) con moderadas restricciones de oferta de lluvia y alta errática de inicio y duración del período lluvioso. Las fechas de inicio, duración y volumen de agua esperadas en los períodos de crecimiento (PC) y húmedo (PH), se presentan en tablas para establecer las fechas idóneas de las labores agrícolas. Aún siendo una información que no detalla el complejo comportamiento del clima, en especial el riesgo introducido por la variabilidad interanual, la adecuada clasificación climática sirve de base para el estudio de variables ambientales, ordenamiento del territorio y la planificación general de actividades agrícolas.

Palabras clave: balance hídrico, Llanos Centrales caracterización climática, calendario de siembra, periodo húmedo.

Introducción

Existen regiones intrínsecamente más vulnerables a las actividades humanas en contraste con otras zonas, esta vulnerabilidad causa problemas graves de erosión o degradación y una baja capacidad de autoregeneración de los ecosistemas para mantener y/o devolver a su estado original las condiciones ambientales una vez afectadas. Entre esas regiones se cuentan las de climas Árido, Semiárido y Subhúmedo Seco, según lo establece la Convención de las Naciones Unidas para la Lucha contra la Desertificación y la Sequía, por lo cual inventariar la extensión de esas zonas, a una escala que permita los análisis regionales, es de importancia capital (PNUMA, 1999).

La clasificación climática más universalmente utilizada es la de Köppen (1948), pero no es muy efectiva discriminando entre climas tropicales, por ser su principal criterio diferenciador la temperatura, en contraposición la clasificación de Thornthwaite (1948), es muchísimo más efectiva discriminando climas tropicales, ya que su principal criterio diferenciador se basa en el régimen de humedad. Por ejemplo, según Köppen (1948), toda la zona desde los llanos orientales de Monagas hasta el piedemonte andino, es del tipo Tropical Lluvioso de sabana (Aw), mientras que Thornthwaite (1948), en esa misma región, discrimina 8 de sus 9 tipos climáticos, del Árido en algunas localidades de Anzoátegui, al Muy Húmedo en zonas de Apure, pasando por los climas Semiárido, Subhúmedo Seco, Subhúmedo Húmedo, Ligeramente Húmedo, Moderadamente Húmedo y

Húmedo [Hernández *et al.*, (2006)].

A pesar de ser una información “gruesa”, que no detalla el complejo comportamiento del clima, y en especial el riesgo introducido por la variabilidad interanual, una adecuada clasificación climática sirve de base para una gran cantidad de aplicaciones relacionadas con el estudio y la zonificación de variables ambientales (vegetación, ecosistemas, hábitat de fauna, por ejemplo), el ordenamiento del territorio, la planificación general de actividades agrícolas, la selección primaria de técnicas de manejo, el análisis general de potencialidades y tipo de riesgo climático, entre otras.

En tal sentido el objetivo de este estudio es realizar una caracterización agroclimática de los Llanos Centrales, incluyendo la clasificación climática y la delimitación de los periodos de crecimiento y húmedo.

Materiales y Métodos

La zona de estudio abarca unos 39.078 km² mayormente en los llanos centrales del estado Guárico (92%), Aragua (5%) y Cojedes (3%). Se usaron 45 estaciones meteorológicas, con datos homogéneos de 29 años (1969-1997), 32 de ellas dentro de la zona del estudio.

Fueron utilizados los valores mensuales de la Evapotranspiración Potencial (ETP), estimados por Martelo (2002), donde se usó la fórmula de Penman-Monteith y la metodología de cálculo de FAO-ICID [Allen *et al.*, 1994].

Para clasificar el clima según Thornthwaite (1948), se calculó el balance hídrico de todo el período de registro, asumiendo: almacenamiento

máximo de agua en el suelo de 100 mm y un coeficiente de pérdidas de 10% atribuibles a la intercepción.

Para llegar a los tipos climáticos según el índice hídrico (**Im**), se presenta una relación de disponibilidad de agua calculada a través de los totales anuales de evapotranspiración de potencial (ETP), déficit y excesos, mediante la expresión:

$$Im = [(100 \times \text{Exceso}) - (60 \times \text{Déficit}) / 100 \times \text{ETP}]$$

$$Im = \text{Índice Hídrico.}$$

Fueron utilizados los rangos originales del mencionado autor (Thornthwaite, 1948) para ubicar el **Im** dentro de un tipo

climático (Tabla 1).

Los valores de **Im** fueron interpolados usando un Sistema de Información Geográfica (SIG), Arc View 3.2. (ESRI, 2000). Se uso además el criterio de experto en el trazado de las líneas que separan los climas. Para ello, aparte del valor *per se* de la estación y su distancia con otras, se consideró la distribución de los drenajes y la vegetación asociada en muchos casos a ellos. Los datos de radiación solar, velocidad del viento, humedad relativa, temperatura media, máxima media y mínima media, fueron calculados y analizados.

Tabla 1. Tipos Climáticos

Símbolos	Tipo climático	Índice hídrico
C ₂	Subhúmedo húmedo	0 a 20
C ₁	Subhúmedo seco	0 a -20
D	Semiárido o seco	-20 a -40

Fuente: Adaptado de Thornthwaite (1948).

Se utilizó la metodología de Franquin (1983), para calcular el período de crecimiento, definido como el tiempo durante la cual la precipitación es mayor ó igual a ½ de la ETP, y el período húmedo, como el tiempo durante la cual la precipitación (P) es mayor ó igual a la ETP (Figura 1), correspondiente a dos probabilidades de ocurrencia (50%

y 75%). En virtud de que los datos de precipitación están a nivel mensual, y como la metodología de Franquin (1983) es en esencia gráfica, los resultados deben expresarse a nivel decadal (10 días). La 1ª década va del día 1 al 10, la 2ª del 11 al 20 y la 3ª década los días 21 a 28, 30 ó 31 (MARN-UCV, 1995).

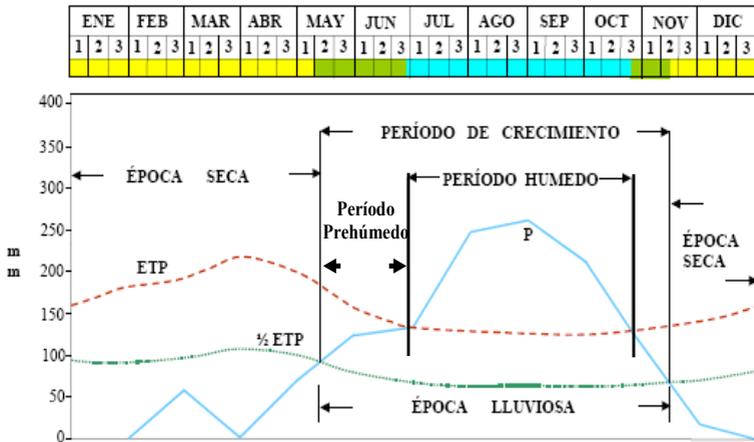


Figura 1. Esquema de los Períodos de Crecimiento, Húmedo y Prehúmedo

Resultados y Discusión

Se presentan los resultados sobre los tipos climáticos obtenidos, así como una caracterización general de variables climáticas importantes como son: radiación solar, velocidad del viento, humedad relativa, temperatura media, máxima media y mínima media. Así también, se describen los resultados obtenidos, de las fechas de inicio de los períodos de crecimiento y húmedo.

Tipo climático

En la zona de estudio se identifican tres tipos climáticos: subhúmedo húmedo (C_2), subhúmedo seco (C_1) y semiárido (D). En el mapa de tipos climáticos (Figura 2), se observa la expresión

geográfica del C_2 el cual abarca el sur de la zona de estudio (unos 7.478 Km²), así como una pequeña porción en el extremo nor-oeste de unos 426 Km². El déficit hídrico es menor a 700 mm y la condición deficitaria no supera los 5 meses de duración.

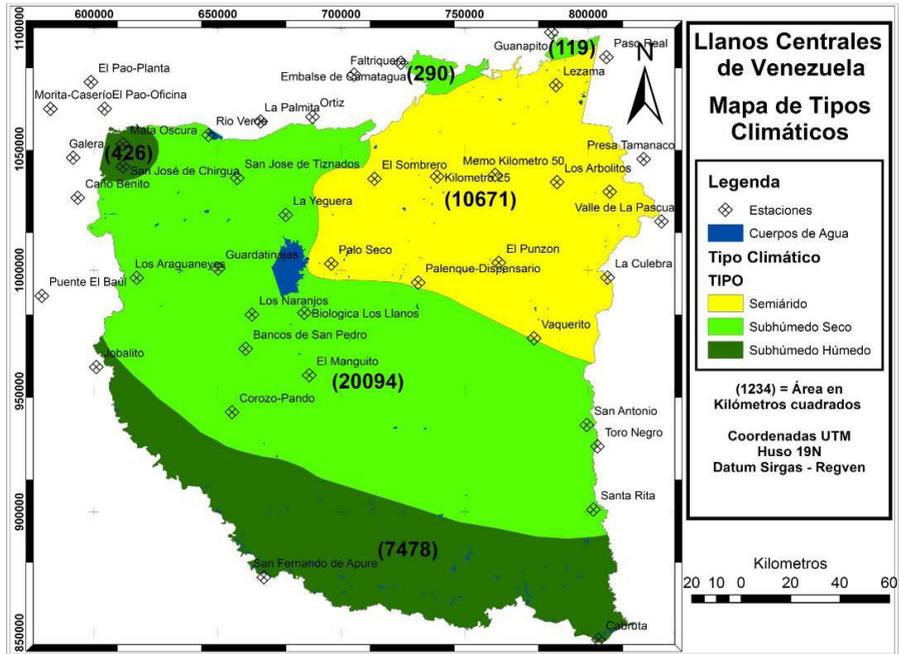


Figura 2. Tipos Climáticos en los Llanos Centrales

En la parte Noreste se presenta el tipo Semi Árido (D) en unos 10.671 Km² (Figura 2), con un déficit mayor a los 745 mm y con una duración de 7 meses, en la mayoría de las estaciones (10 de 12). Es evidente que la ETP domina la relación respecto a las lluvias, las cuales no llegan a 1000 mm en esta área y tienen la influencia de los vientos alisios que penetran por el oriente, sentido noreste sur-oeste.

Entre los dos tipos climáticos expuestos arriba, se expresa el Subhúmedo Seco (C_s) el cual abarca la mayor extensión en el área (20.503 Km²), (Figura 2). Se caracteriza por una precipitación entre 1000 y 1300 mm, con un déficit entre 600 y 800 mm, el cual tiene mayormente

una duración entre 5 y 6 meses.

Caracterización general

En la zona de estudio la media anual de radiación solar oscila entre 371 y 432 Cal cm⁻² día⁻¹ (Tabla 2). Estos valores, así como la variación de 15% que existe entre ellos, se corresponde con lo esperado para la zona tropical (Martelo, 2002). El mayor valor se expresa en la zona sur-oeste y el menor en la parte centro-este del área. Los valores máximos se alcanzan en Abril y los mínimos en Diciembre, variando solamente la estación San Fernando, con un valor menor en el mes de Junio.

Tabla 2. Variables agroclimáticas en la zona de estudio

Estación	Altitud msnm	Radiación Media Cal cm ⁻² día	Velocidad del Viento km h ⁻¹	Humedad Relativa %	Temperatura °C		
					Media	Máxima Media	Mínima Media
Río Verde	171	376	9,2	67	27,2	33,0	22,5
Biológica de los Llanos	86	417	8,9	69	27,6	33,4	22,9
Guanapito	422	409	9,3	74	25,1	30,5	21,6
Presa Tamanaco	160	371	9,2	72	27,1	33,9	22,7
Válle de la Pascua	184	374	11,6	75	26,7	32,9	22,3
San Fernando	47	432	10,6	79	26,9	32,5	23,1
Cabruta	125	-	-	-	28	32	23

(msnm) = metros sobre el nivel del mar; (Cal cm⁻² día) = Calorías por centímetro cuadrado por día. (km h⁻¹) = Kilómetros por hora; (%) = Porcentaje; (°C) = Grados Centígrados.

Fuente: MINAMB (2007a); MINAMB (2007b); MINAMB (2007c).

Los mayores valores de la velocidad media del viento se logran en Marzo y los mínimos entre Septiembre y Agosto. La media anual se reporta entre 11,6 y 9,2 Km h⁻¹ (Tabla 2), lo que evidencia un comportamiento homogéneo en el área. La media anual de la humedad relativa fluctúa entre 67 y 79%, presentando los menores valores en la parte nor-oeste y central de la zona de estudio, y los mayores en la parte sur y este del área (Tabla 2). La distribución mensual indica la presencia de los menores valores consecuentemente en el mes de Marzo, y los mayores principalmente en Agosto. Respecto a la temperatura se evidencia que existe muy poca variación en la zona de estudio (Tabla 2). En ese sentido el promedio de la temperatura media indica un régimen térmico Cálido (c), es decir entre 26 y 28 °C (Sánchez, 1981) en la mayor parte de la zona de estudio. Solamente la estación Guanapito reporta un valor de 25,1 °C (Templado Cálido), sin embargo, la misma se encuentra sobre la línea límite al nor-este del área. Se puede atribuir la diferencia a que esta última estación, está a 422 msnm y el resto de las estaciones a menos de 185 msnm, lo cual coincide con que aumentos de la altitud generan disminuciones de la temperatura (MARNR-UCV, 1985).

Períodos de crecimiento y fechas de siembra generales

Se espera que los resultados a nivel confiable (75%), se presenten durante años que pueden considerarse secos, y los de nivel normal (50%), durante años promedios, un poco más húmedos que los anteriores.

Las fechas de inicio, la duración y las láminas de precipitación acumulada del

período de crecimiento a nivel confiable (75%) se presentan en la Tabla 3.

A nivel confiable (75%), el período de crecimiento comienza los primeros diez días de Mayo, al oeste y al sur de la zona de estudio abarcando una estrecha franja con expresión geográfica, que va desde San José de Chirgua a los Araguañes, San Fernando de Apure y llega a Cabruta. en ese lapso de tiempo, se espera acumular una lamina de precipitación entre 1000 y 1100 mm, al Nor-Oeste (San José de Chirgua), y más de 1100 mm, en el resto de esa franja, siendo > a 1200 en las cercanías de Cabruta (Tabla 3).

El inicio ocurre entre el 10 y el 20 de Mayo desde Río Verde, al norte, pasando por Guardatinajas, Calabozo, incluyendo el embalse río Guárico, Bancos de San Pedro, Corozo Pando y llega hasta una franja al norte de Cabruta (Tabla 3). El período de crecimiento en esta zona tiene una duración entre 180 y 200 días (Tabla 3), y se espera acumular entre 1000 y 900 mm, en la parte nor-oeste, de la franja, y entre 1000 y 1100 mm, en el centro y sur-este de la misma (Tabla 3).

Desde el norte de San José de Tiznados hasta llegar a las inmediaciones de Dos Caminos, continuando en sentido nor-oeste, entre las poblaciones de Palenque y Palo Seco, para finalizar entre las cercanías del norte de Cabruta, y San Rita, se inicia el período de crecimiento los últimos diez días de Mayo (Tabla 3). La duración oscila aproximadamente entre 180 y 170 días (Tabla 3), con una precipitación acumulada, entre 900 y 800 mm, en la partes nor-oeste, y central, y entre 1000 y 900 mm, en la zona sur-este de esa faja (Tabla 3).

Tabla 3. Calendario de siembra con los periodos y láminas acumuladas (75%)

ESTACION	IPC	DPC	Lam PC	IPH	DPH	Lam PH	DPrH
Morita-Caserío	03-may	214	1070	28-may	163	994	25
El Pao-Oficina	11-may	210	1094	26-may	154	980	15
Galera	04-may	222	1233	16-may	172	1142	12
Mata Oscura	23-abr	227	1099	14-may	167	1000	21
Caño Benito	10-may	205	1008	04-jun	157	999	25
Cabruta	05-may	185	1245	28-may	148	1197	23
Los Arguaneyes	12-may	208	882	06-jun	115	879	24
Santa Rita	28-may	175	1036	22-jun	114	880	25
Guanapito	07-jun	171	837	05-jul	120	725	28
La Palmita	21-may	194	795	10-jun	135	772	20
Lezama	11-jun	162	714	24-jun	85	580	13
La Yeguera	23-may	180	910	10-jun	120	910	18
Río Verde	15-may	189	912	06-jun	120	860	22
Ortiz	15-may	199	847	10-jun	154	847	26
San J. de Chirgua	07-may	211	1059	26-may	160	964	19
San J. de Tiznados	22-may	164	821	19-jun	110	779	28
El Sombrero	01-jun	159	769	20-jun	65	539	19
Kilómetro 25	09-jun	139	700	11-jul	67	450	31
Faltriquera	03-jun	178	674	05-jul	77	553	32
Guardatinajas	12-may	189	922	06-jun	111	839	24
Palo Seco	20-may	171	861	15-jun	115	657	26
El Punzón	17-jun	119	511	18-jul	35	324	31
Los Arbolitos	11-jun	146	573	07-jul	61	455	26
Salinetas Manapire	08-jun	150	759	29-jun	71	532	21
Presa Tamanaco	10-jun	158	643	05-jul	79	589	25
Embalse Camatagua	28-may	177	905	16-jun	106	733	29
Paso Real	04-jun	169	754	01-jul	98	594	27
Memo Kilómetro 50	06-jun	150	651	24-jun	57	443	18
Valle de La Pascua	09-jun	147	716	22-jun	91	584	13
Hato Las Babas	09-may	214	1190	21-may	159	1046	12
El Baúl-Carretera	07-may	207	1255	21-may	160	1237	14
Arismendi	05-may	206	1303	20-may	164	1206	15

Robalito	08-may	203	1204	02-jun	148	1143	15
Biológica Los Llanos	14-may	194	1051	07-jun	130	1034	24
Los Naranjos	14-may	183	997	09-jun	136	927	26
El Manguito	20-may	205	1108	10-jun	144	1045	21
Bancos de San Pedro	13-may	191	1124	02-jun	148	1090	20
Corozo-Pando	15-may	192	1115	06-jun	148	1115	22
Palenque-Dispensario	01-jun	170	768	24-jun	92	635	23
La Culebra	11-jun	137	590	29-jun	64	476	18
San Antonio	03-jun	165	961	21-jun	109	826	18
Toro Negro	04-jun	167	988	18-jun	120	873	14
San Fernd. de Apure	09-may	195	1169	28-may	141	1107	19

IPC: Inicio del Período de Crecimiento; **DPC:** Duración del Período de Crecimiento en días; **Lam PC:** Lámina del Período de Crecimiento en milímetros; **IPH:** Inicio del Período Húmedo; **DPH:** Duración del Período Húmedo en días; **Lam PH:** Lámina del Período Húmedo en milímetros; **DPrH:** Duración del Período Pre-Húmedo en días.

En la región que abarca el sur de Camatagua, El Sombrero, Memo, Palenque, San Antonio y Toro Negro, el período de crecimiento comienza la primera década de Junio, con una duración que oscila entre 140 y 170 días y una precipitación acumulada en ese tiempo entre 700 y 800 mm (Tabla 3). Así en las inmediaciones de la población de Lezama, siguiendo al sur, pasando entre el Punzón y Palenque, terminando al Sur de la estación La Culebra, en el centro-este del estudio, el período de crecimiento inicia entre el 10 y el 20 de Junio y tiene una duración menor a 140 días al sur y centro del área, y entre 140 y 160 días al norte, en las zonas cercanas a la población de Lezama (Tabla 3). Una lamina entre 511 y 700 mm, se espera acumular en ese lapso de tiempo (Tabla 3).

Descripción de la Época de Labores Agrícolas.

La diferencia entre las fechas de inicio de los períodos de crecimiento y húmedo, define la duración de la época de laboreo de tierras y siembra, o período prehúmedo (DPrH). A un nivel confiable (75%) se esperan valores menores a 20 días, en cuatro sectores (Tabla 3), el primero al nor-oeste, en las inmediaciones de San José de Chirgua, el segundo, entre Jobalito y San Fernando de Apure, el tercero abarca desde Toro Negro, La Culebra y llega hasta el Sur de Salinetas de Manapire, y el cuarto sector, incluye el área entre Memo Kilómetro 50 y la población de Lezama. El sector comprendido entre Los Arbolitos, El Punzón, Kilómetro 25 y al Sur del Embalse Camatagua, presenta una duración entre 30 y 25 días.

El resto del área presenta una duración del período prehúmedo que oscila entre 25 y 20 días (Tabla 3).

Las fechas de inicio y la duración del período de crecimiento a nivel normal (50%) se presenta en la Tabla 4.

Tabla 4. Calendario de siembra con la duración de los periodos (50%)

ESTACIÓN	IPC	FPC	DPC	DPrH	IPH	FPH	DPH
Morita-Caserío	24-abr	12-dic	235	18	12-may	12-nov	182
El Pao-Oficina	29-abr	16-dic	232	12	11-may	19-nov	202
Galera	23-abr	13-dic	234	17	10-may	14-nov	190
Mata Oscura	15-abr	14-dic	244	22	07-may	09-nov	186
Caño Benito	02-may	09-dic	226	20	22-may	14-nov	185
Cabruta	01-may	14-nov	208	23	24-may	25-oct	159
Los Aragueñes	06-may	03-dic	217	18	24-may	04-nov	172
Santa Rita	18-may	22-nov	193	22	09-jun	27-oct	141
Guanapito	15-may	28-nov	192	24	08-jun	02-nov	144
La Palmita	09-may	28-nov	204	19	28-may	26-oct	158
Lezama	27-may	19-nov	172	18	14-jun	06-oct	106
La Yeguera	12-may	27-nov	206	17	29-may	05-nov	160
Río Verde	06-may	27-nov	207	19	25-may	29-oct	150
Ortiz	06-may	30-nov	206	20	26-may	11-nov	175
S. J. de Chirgua	28-abr	03-dic	221	16	14-may	10-nov	178
S. J. de Tiznados	11-may	27-nov	198	20	31-may	06-oct	123
El Sombrero	19-may	18-nov	179	20	08-jun	03-may	124
Kilómetro 25	18-may	17-nov	181	29	16-jun	21-sep	108
Faltriquera	17-may	23-nov	187	24	10-jun	17-oct	129
Guardatinajas	05-may	25-nov	209	24	29-may	07-oct	130
Palo Seco	09-may	21-nov	192	26	04-jun	28-oct	139
El Punzón	03-jun	01-nov	160	38	11-jul	24-sep	68
Los Arbolitos	01-jun	13-nov	164	19	20-jun	19-sep	89
Salinetas Manapire	25-may	13-nov	164	22	16-jun	26-sep	93
Presa Tamanaco	01-jun	14-nov	176	19	20-jun	07-oct	109
Embalse Camatagua	16-may	27-nov	192	22	07-jun	19-oct	150

Paso Real	21-may	26-nov	189	23	13-jun	21-oct	137
Memo Kilómetro 50	22-may	11-nov	169	17	08-jun	20-sep	94
Valle de La Pascua	30-may	15-nov	167	15	14-jun	02-oct	112
Hato Las Babas	28-abr	10-dic	232	14	12-may	09-nov	181
El Baúl-Carretera	01-may	12-dic	221	16	17-may	18-nov	191
Arismendi	29-abr	01-dic	217	15	14-may	06-nov	177
Jobalito	30-abr	29-nov	218	16	16-may	06-nov	174
Biológica Los Llanos	07-may	01-dic	205	18	25-may	28-oct	162
Los Naranjos	08-may	24-nov	202	19	27-may	30-oct	152
El Manguito	09-may	30-nov	205	15	24-may	31-oct	162
Bancos de San Pedro	04-may	22-nov	209	15	19-may	31-oct	157
Corozo-Pando	09-may	27-nov	204	20	29-may	06-nov	165
Palenque-Dispensario	17-may	18-nov	184	27	13-jun	04-oct	133
La Culebra	03-jun	30-oct	137	18	21-jun	30-sep	100
San Antonio	19-may	20-nov	192	19	07-jun	30-oct	153
Toro Negro	22-may	23-nov	187	19	10-jun	19-dic	144
San. Fern. de Apure	05-may	22-nov	207	12	17-may	27-oct	163

IPC: Inicio del Período de Crecimiento; **FPC:** Final del Período de Crecimiento; **DPC:** Duración del Período de Crecimiento; **IPH:** Inicio del Período Húmedo; **FPH:** Final del Período Húmedo; **DPH:** Duración del Período Húmedo; **DPrH:** Duración del Pre-Húmedo

Conclusiones

Se encontraron los climas de tipo seco: donde el Subhúmedo Seco, está presente en 53 % de la zona de estudio y el Semiárido, en 27 %; y de tipo húmedo, representado por el Subhúmedo Húmedo, con 20 % de expresión geográfica.

Los climas Subhúmedo Húmedo (7.904 km²) y el Subhúmedo Seco (20.503 km²), garantizan un período de crecimiento

($P > 1/2$ ETP) para la germinación, establecimiento, maduración, cosecha apto para satisfacer las necesidades hídricas de la mayoría de los cultivos anuales de tierras bajas en el país.

El tipo Semiárido con 10.671 km² se muestra con moderadas a fuertes restricciones de oferta de agua, además de una alta variabilidad, en cuanto al inicio, duración y culminación del

período lluvioso.

Como dato de apoyo para planificar la siembra de cultivos de secano, el período de crecimiento (PC) a nivel confiable (75%), se inicia entre los primeros diez días de Mayo en la parte oeste de la zona de estudio, y el 20 de Junio al nor-este.

Referencias Bibliográficas

Allen, R.G.; Smith, M.; Perrier, A.; Pereira, L.S. (1994). An update for the calculation of reference evapotranspiration. International Commission on irrigation and drainage (ICID) Bulletin. 1994. 43(2).

Environmental Systems Research Institute. (2000). Arcview for Windows. Arcview. [Programa de computadora en disco]. Versión 3,2. Licencia N° 825871107606. Spatial Analyst for Windows. [Programa de computadora en disco] Versión 2.0. Licencia N° 849601102026. Ubicados en Universidad Rómulo Gallegos, San Juan de los Morros, estado Guárico.

Franquin, P. (1983). Modelos estadísticos sobre potenciales del período climático de crecimiento de cultivos. En Información Agroclimática para el Desarrollo – Reviviendo la Revolución Verde. FONAIAP, BID. Maracay. 151 – 183.

Hernández, R.; Martelo, M.; Aiffil, A. (2006). Mapa de Tipo Climático Hídrico por el método de Thornthwaite de los Llanos de Venezuela (Escala 1:250.000). Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales. Dirección General de Cuencas Hidrográficas. Dirección de Hidrología, Meteorología y Oceanología. Caracas.

Köppen, W. (1948). Climatología. Con un estudio de los climas de la tierra. Fondo de Cultura Económica. 478 pp.

Martelo, M. (2002). Influencia de las variables macroclimáticas en el Clima de Venezuela. Trabajo de Ascenso a la Categoría de Profesor Asistente. Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela. Maracay, Venezuela. 192 pp. más Anexos.

Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales Renovables y la Universidad Central de Venezuela (MARNR-UCV). (1995). Agroclimatología del estado Aragua. Dirección General Sectorial de Investigación Ambiental (MARN). Facultad de Agronomía (UCV) Caracas. 106 pp.

Ministerio del Poder Popular para el Ambiente. (MINAMB). (2007a). Anuario climatológico de Venezuela. Tomo I. Radiación media mensual y anual (período 1970-2000).

Ministerio del Poder Popular para el Ambiente. (MINAMB). (2007b). Anuario climatológico de Venezuela. Tomo II. Temperaturas extremas: máximas y mínimas y media mensual (período 1970-2000).

Ministerio del Poder Popular para el Ambiente. (MINAMB). (2007c). Anuario climatológico de Venezuela. Tomo III. Humedad relativa mensual extremas: máximas y mínimas y media mensual (período 1970-2000).

Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. (PNUMA). (1999). ¿Qué es la desertificación?. Oficina Regional para América Latina y El Caribe, [en línea], de <http://www.rolac.unep.mx/deselac/esp>.

Thornthwaite, C.W. (1948). An approach toward a rational classification of climate. Geographical Review 38: 55-94.

EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DE SEIS GENOTIPOS DE TÁRTAGO (*Ricinus communis L*) EN EL SEMIÁRIDO FALCONIANO

Suárez Luis y Gutiérrez Dilso
Universidad Nacional Experimental Francisco de Miranda
Programa de Ingeniería Agronómica
Lsrivas2@gmail.com

Resumen

El cultivo del tártago (*Ricinus communis L*) representa una alternativa viable con ventajas comparativas para ser sembrado en las zonas áridas y semiáridas del estado Falcón: Esta planta es una oleaginosa cuyo aceite se utiliza actualmente para la producción de biodiesel. Se evaluó el comportamiento agronómico de seis cultivares de tártago en la Unidad de Apoyo Académico “Ing. José Landaeta”, ubicada en Coro, municipio Miranda del estado Falcón. Se utilizó un diseño en bloques al azar con seis tratamientos y cuatro repeticiones. Se analizaron las características agronómicas en la planta, racimos, frutos, semillas y rendimiento de semillas (Kg/ha). Existieron diferencias significativas en la respuesta de los genotipos para la mayoría de las variables. El cultivar criollo Cola de Caballo presentó el mayor rendimiento de semilla, mientras que el Local de Santa Rosa fue el de menor productividad.

Palabras clave: *Ricinus communis L*, rendimiento, genotipos, tártago.

Introducción

La contaminación del planeta ha ido incrementándose principalmente por el aumento indiscriminado de la población humana, que diariamente emiten a la atmósfera una gran cantidad de desechos contaminantes, de los cuales, el dióxido de carbono y la quema de combustibles fósiles son unos de los más perjudiciales para la vida del planeta tierra, afectando significativamente la capa de ozono y trayendo como consecuencia lo que hoy en día lo que se conoce como efecto invernadero.

El tártago (*Ricinus communis* L.), es una planta de la familia *Euphorbiaceae*, de la cual se obtiene como producto principal el aceite de ricino. Este aceite se extrae de las semillas, el cual tiene una gran proporción de ricino, que es usado en múltiples procesos industriales para la producción de jabones, cosméticos, barnices, pinturas, lubricantes, entre otros, y donde se abre actualmente un gran mercado a nivel de producción con el uso para la fabricación de biocombustibles.

Desde hace poco tiempo ha aumentado el interés por esta especie vegetal, debido a políticas de conservación del medio ambiente, por ser su aceite materia prima para la producción de combustible ecológico, biodiesel, entre otros usos. El biodiesel permitirá una reducción en el consumo de los combustibles derivados del petróleo, minimizando los efectos negativos al medio ambiente. Además su cultivo representa una oportunidad de desarrollo para zonas áridas, semiáridas y empobrecidas, como es el caso de una gran superficie del estado Falcón, incorporando actividades viables en

tierras actualmente no productivas.

El INIA-Maracay, a través del Plan Nacional de Semillas, está llevando a cabo un proyecto, en el marco del Convenio Venezuela-Brasil, de evaluación de cultivares de tártago en diferentes condiciones agroecológicas del país, con la finalidad de estudiar la adaptabilidad y el comportamiento agronómico. Dicha institución en una alianza estratégica con el Departamento de Producción y Desarrollo Agrícola de la Universidad Nacional Experimental Francisco de Miranda (UNEFM) ha seleccionado el estado Falcón como una de las zonas pilotos para ejecutar esta iniciativa. En concordancia con lo antes expuesto, se evaluó el comportamiento agronómico y adaptabilidad de seis genotipos de tártago en la Unidad de Apoyo Académica “Ing. José Landaeta”, Coro, estado Falcón.

El tártago o ricino es una planta originaria de la región mediterránea de África; planta herbácea, glabra, anual o perenne cuando lo favorecen las condiciones de humedad y temperatura, caracterizada por sus hojas grandes y palmeadas y presentando frutos rodeados de espinas que contienen de 3-4 semillas con un importante contenido de aceite. Debido a su rusticidad y resistencia a la sequía se adapta fácilmente a diferentes ambientes según expone Brigham (1993).

Las semillas del ricino son grandes y lentas al germinar; la emergencia de las plántulas puede tomar de 7 a 14 días. Esta diferencia de días depende básicamente de la temperatura en el ambiente, ya que de acuerdo con Samayoa (2007) es cultivado en la actualidad en distintos puntos del planeta. El inicio de la

floración varía desde los 45 días después de la siembra, en cultivares precoces, hasta 95 a 120 días después de la siembra en tardíos. Las variedades mejoradas maduran aproximadamente entre los 150 y 180 días, pudiéndose realizar hasta cinco cosechas (Mazzani, 2007).

El cultivo del tártago se adapta muy bien a climas áridos y semiáridos, y en diferentes tipos de suelos con baja fertilidad y un pH neutro, tolerando también suelos con pH levemente alcalinos. Los suelos deben ser planos (nivelados) u ondulados, profundos y bien drenados, ya que no tolera el exceso de agua provocado por los encharcamientos (Samayoa, 2007). Puede desarrollarse bien a altitudes entre 300 y 1500 m sobre el nivel del mar y precipitaciones de 500 mm anuales equivalentes a 5000 m³/ha. El tártago puede producir con baja disponibilidad de agua, pero si dispone de ella, puede prolongar su periodo de fructificación, la alta luminosidad es un factor exigente por el cultivo para completar su ciclo de 10 a 12 horas de luz solar diariamente. La temperatura óptima para su buen desarrollo está comprendida entre los 20°C a 30°C (Mazzani, 2007). La temperatura tiene mucha importancia en la etapa de la emergencia de la semilla, si la temperatura es menor de 20°C la emergencia se tardará entre 15 a 20 días, y si la temperatura es mayor de 30°C la emergencia será de 6 días (Samayoa, 2007).

Objetivos

Objetivo General

Evaluar el comportamiento agronómico de seis genotipos de tártago (*Ricinus*

communis L.), en la Unidad de Apoyo Académico “Ing. José Landaeta”, Coro, estado Falcón.

Objetivos Específicos

Caracterizar los aspectos fenológicos de la planta para cada uno de los genotipos evaluados

Caracterizar la morfología vegetativa y reproductiva de la planta para cada uno de los genotipos evaluados

Determinar el cultivar (es) más promisorio (s) en función del rendimiento y sus componentes

Materiales y Métodos

Ubicación del experimento

El ensayo se estableció en La Unidad de Apoyo Académico Ing. “José Landaeta.” de la Universidad Nacional Experimental Francisco de Miranda, la cual se encuentra en el Municipio Autónomo Miranda, Coro – Edo. Falcón. Geográficamente se ubica en la zona sur – este de la ciudad de Coro, aproximadamente a 11°21’00” de latitud norte y 69°37’00” de longitud oeste.

Diseño del experimento

El diseño experimental fue en bloques completamente al azar con seis (6) tratamientos (genotipos) y cuatro (4) repeticiones. Cada unidad experimental comprendió un área de 36 m² (6 x 6) con cinco (5) hileras de siembra por repetición. La metodología se basó en la evaluación del desarrollo, crecimiento y rendimiento de las plantas de seis (6) cultivares de tártago (‘Sin Espinas’ y ‘Enano CIA’, híbridos del INIA – Maracay; ‘Palomero’ y ‘Cola de Caballo’ cultivares criollos del estado Lara; ‘Local de Santa Rosa’ cultivar del estado Bolívar y ‘Paraguazú’ híbrido

proveniente de Brasil). La hilera de siembra presentó una longitud de 6 m, separada a 1,20 m, la distancia entre planta en la hilera fue de 0,60 m. La cosecha efectiva se realizó en las tres (3) hileras centrales.

Variables evaluadas

Se utilizaron los descriptores para el cultivo del tártago señalados por Mazzani (2005), los cuales se detallan en la Tabla 1.

Tabla 1. Descriptores para el cultivo del tártago

Emergencia
Días de emergencia acumulada
Porcentaje de emergencia de plántulas
En la cosecha
Días de cosecha
Rendimiento (Kg/ha)
En el racimo
Altura del primer racimo
Número de racimos/planta
Número de racimos por cosecha
Número de frutos/racimo
En el fruto
Peso de 100 frutos
Apertura de frutos
Longitud del racimo principal
En la semilla
Peso de 100 semillas (g)
Numero de semillas en 100 frutos
Numero de semillas por racimo
Peso de la semilla por racimo
Porcentaje de aceite de la semilla

Fuente: Mazzani (2005)

Los resultados obtenidos se estudiaron mediante el análisis de varianza, previa comprobación de los supuestos, y en aquellos casos donde se detectó diferencias significativas entre los tratamientos se utilizó la prueba de medias de Tukey (5%). El paquete estadístico utilizado fue el INFOSTAT/

Profesional (versión 1.1).

Resultados y Discusión

Porcentaje y tiempo de emergencia de plántulas.

El mayor porcentaje de emergencia de plántulas se observó en el cultivar ‘Sin Espinas’ con 97,5%, y el menor en

‘Local de Santa Rosa’ con 89,5%, los demás materiales genéticos presentaron cifras entre estos dos valores. Este resultado demuestra que las semillas presentaban desde el punto de vista de sus características fisiológicas una buena calidad. Con respecto al tiempo total de emergencia, se determinó que el más

precoz fue el cultivar ‘Sin Espinas’, con 13 días después de la siembra (dds), mientras que el más tardío se corresponde con ‘Local de Santa Rosa’ (23 dds). El resto de los materiales genéticos presentaron valores entre estos dos rangos (Tabla 2).

Tabla 2. Porcentaje y tiempo total de emergencia de los genotipos de tártago

Genotipo	Emergencia		Emergencia Total	
	(%)		(Días)	
Local de Santa Rosa	89,5	a	23	f
Paraguazú	93,5	ab	21	e
Enano CIA	94	ab	17	c
Cola de Caballo	95,5	ab	20	d
Palomero	96	ab	15	b
Sin Espinas	97,5	b	13	a
CV (%)	3,16		3,15	

Según Brigham (1993), las semillas del ricino son grandes y lentas al germinar; la emergencia de las plántulas puede ocurrir entre 7 a 14 días, de acuerdo con esto, de los materiales evaluados sólo el cultivar ‘Sin Espinas’ se corresponde con esta afirmación. En el resto el mayor porcentaje de emergencia ocurrió después de los 14 dds, posiblemente la textura y el grado de compactación del suelo de la parcela experimental influyó negativamente en la emergencia de las plántulas.

Variables evaluadas en la planta

El análisis estadístico indica que existen diferencias significativas entre cultivares para los días al 50% de plantas en floración y fructificación, siendo el material ‘Sin Espinas’ el más precoz, con 56 y 62 días respectivamente (Tabla 3). Estos resultados coinciden con Mazzani (2007), el cual indica que este material genético alcanza un 50% de floración aproximadamente a los 45 días después de la siembra.

Tabla 3. Variables evaluadas en la planta

Genotipo	50% de plantas en floración		50% de plantas en fructificación	
	(a)	(b)	(c)	(d)
Sin espinas	56a	44,38ab	62a	54,35ab
Palomero	66ab	69,88de	73ab	88,53d
Cola de caballo	78bc	63,75cd	84bc	90,68d
Paraguazú	79bc	59,75c	84bc	70,2c
Enano CIA	87cd	43,5a	95cd	49,7a
Local de Santa Rosa	98d	73,13e	107d	87,18d
CV (%)	7,61	13,56	7,51	21,73

(a): Días al 50% de plantas en floración

(b): Altura (cm) de la planta al 50% de plantas en floración.

(c): Días al 50% de plantas en fructificación.

(d): Altura (cm) de la planta al 50% de plantas en fructificación

El cultivar más tardío fue el ‘Local de Santa Rosa’ con 98 y 107 días para alcanzar las fases de 50% de floración y fructificación, respectivamente. Según Mazzani (1983) aquellos cultivares de tártago que alcanzan el 50% de plantas en floración entre 90 y 120 dds se consideran tardías. Los cultivares ‘Palomero’, ‘Cola de Caballo’, ‘Paraguazú’ y ‘Enano CIA’ presentaron valores entre el material genético más tardío y el más precoz. De acuerdo con Mazzani (1983) éstos se consideran de ciclo intermedio.

Para la variable altura de las plantas al 50% de floración se determinó que existen diferencias estadísticas entre los cultivares, siendo el material ‘Enano CIA’ el de menor altura (43,5 cm); el mayor valor correspondió al ‘Local de Santa Rosa’ con 73,13 cm. El resto de los materiales genéticos presentaron portes intermedios a estos valores. La altura de la planta al 50% de fructificación fue diferente entre los cultivares, siendo de mayor porte los materiales criollos ‘Cola de Caballo’, ‘Palomero’ y ‘Local

de Santa Rosa’, con valores de 90,68; 88,53 y 87,18 cm, respectivamente, los cuales no difieren estadísticamente entre sí. La menor altura se reportó en el ‘Enano CIA’ (49,7 cm), aunque no difiere estadísticamente del ‘sin espinas’ (Tabla 3).

Variables evaluadas en el racimo

Se encontraron diferencias estadísticas entre los genotipos para la longitud del racimo (LR), altura del racimo en la planta (AR) y número de racimos en la cosecha (NRC), mientras que para el número de racimos por planta (NRP) no hubo diferencias. EL cultivar de mayor LR fue ‘Cola de Caballo’ con un promedio de 39,6 cm, seguido de ‘Palomero’ (22,5 cm). La menor LR se correspondió con el material genético ‘Local de Santa Rosa’ (12,53 cm), sin embargo fue estadísticamente similar al ‘Paraguazú’. Con relación a la AR, el mayor valor correspondió a ‘Palomero’ con un promedio de 77 cm, mientras que la menor se detectó en el cultivar ‘Enano CIA’ (39 cm), pero no difirió

estadísticamente del ‘Sin Espinas’. El cultivar con menor NRC fue ‘Local de Santa Rosa’ (16), mientras que el mayor valor promedio se encontró en

el ‘Palomero’ (29), los otros genotipos presentaron cifras entre estos dos rangos (Tabla 4).

Tabla 4. Variables evaluadas en el racimo

Genotipo	Longitud del Racimo		Altura del racimo		Número de racimos/planta (N°)	Número de racimos/Cosecha (N°)	
	(cm)		(cm)				
L. Santa Rosa	12,53	a	52	c	1	16	a
Paraguazú	15,98	ab	55	cd	1	26	bc
Enano CIA	16,33	bc	39	a	1	23	b
Sin espinas	17,75	bcd	44	ab	1	27	bc
Palomero	22,5	de	77	f	1	29	c
Cola de Caballo	39,6	e	61	de	1	27	bc
CV (%)	23,19		20,55			7,83	

Variables evaluadas en el fruto.

La respuesta de los cultivares con respecto al número de frutos por racimo (NFR), peso de 100 frutos (P100 F) y apertura de frutos (AF) fue diferente, de esta manera se observa que los mayores valores de NFR se corresponde con ‘Cola de Caballo’, ‘Palomero’ y ‘Sin Espinas’, los cuales no difieren estadísticamente entre sí, mientras que el menor se reportó en el cultivar ‘Paraguazú’. La variable NFR, según Mazzani (1983), depende del tamaño del racimo, la longitud relativa de la parte útil y la densidad de fructificación.

El cultivar ‘Paraguazú’ alcanzó el mayor valor de P100F (273,6 g), seguido de

‘Cola de Caballo’ (162,6 g). En cambio el menor valor fue registrado en el cultivar ‘Local de Santa Rosa’, con un promedio de 66,93 g (Tabla 5). En los genotipos criollos ‘Local de Santa Rosa’, ‘Palomero’ y ‘Cola de Caballo’ se observó dehiscencia de los frutos al inicio de la maduración, esto condiciona el momento de la cosecha, la cual debe realizarse al comienzo de la madurez del racimo. Los materiales mejorados ‘Enano CIA’ y ‘Sin Espinas’ manifestaron indehiscencia. El ‘Paraguazú’ presentó dehiscencia parcial. Según EMBRAPA (2005), el fruto del tártago es indehisciente en los cultivares modernos y contiene en su interior 3 semillas.

Tabla 5. Variables evaluadas en el fruto

Cultivares	Número de frutos por racimo		Peso de 100 frutos		Apertura de frutos	Retención de frutos
	(N°)		(g)			
L. Santa Rosa	42	bc	66,93	a	Dehiscente	100%
Paraguazú	31	a	273,62	f	Semi - dehiscente	100%
Enano CIA	36	ab	136,23	d	Indehiscente	100%
Sin espinas	59	d	129,38	bc	Indehiscente	100%
Palomero	61	d	123,01	b	Dehiscente	100%
Cola de Caballo	61	d	162,61	e	Dehiscente	100%
CV (%)	31,27		10,95			

Variables evaluadas en la semilla.

El número de semillas por racimo (NSR) es mayor en ‘Cola de Caballo’ (179), pero estadísticamente fue similar a ‘Sin Espinas’ y ‘Palomero’. El ‘Paraguazú’ presentó el menor NSR (88). El peso de semilla por racimo (PSR) es superior en ‘Cola de Caballo’ con 58,34 g, seguido de ‘Paraguazú’ (48,15), mientras que el menor correspondió con ‘Local de Santa Rosa’ (Tabla 6).

Los cultivares que mostraron mayor número de semillas en 100 frutos (NS100F) son ‘Palomero’, ‘Paraguazú’ y ‘Cola de Caballo’ con un promedio

aproximado a 290. El peso de 100 semillas (P100S) fue diferente entre los genotipos, el valor más alto se detectó en ‘Paraguazú’ (54,61 g), y el menor peso se reportó en el cultivar ‘Local de Santa Rosa’ con 15,40 g (Tabla 6).

Tabla 6. Variables evaluadas en la semilla

	(Nº)		(gr)		(Nº)		Peso de 100 semillas (gr)		Porcentaje de aceite
Enano CIA	99	ab	23,91	ab	276	b	24,26	b	46,49b
Sin espinas	154	d	35,25	c	275	bc	25,54	bcd	49,53cd
Paraguazú	88	a	48,15	cde	292	d	54,61	e	49,75d
Cola de Caballo	179	d	58,34	e	290	d	34,86	e	48,46bcd
Palomero	175	d	40,82	cd	293	d	23,91	bc	43,14a
L. Santa Rosa	115	abc	17,91	a	268	a	15,4	a	47,25bc
CV (%)	31,92		40,54		3,88		20,50		2,14

Los resultados encontrados demuestran la amplia variabilidad que existe entre los materiales genéticos, resultados similares son reportados por Mazzani (1983), que indica que el P100S en 19 genotipos evaluados en la localidad de Maracay varió entre 19 y 91,8 g.

Los resultados del porcentaje de aceite de las semillas indican que el cultivar Paraguazú representa el mayor valor con 49,75%, estadísticamente similar a los cultivares Sin Espinas y Cola de Caballo con 49,53% y 48,46%, respectivamente. El menor porcentaje de aceite se obtuvo en el cultivar Palomero con 43,14%.

Variables evaluadas en la cosecha.

Los días a la primera cosecha desde la siembra fue menor en 'Sin Espinas' con 97 días, seguido de 'Palomero' con 103 días. El cultivar más tardío fue 'Local de Santa Rosa' (127 días), luego se ubica el 'Paraguazú'. En el 'Cola de Caballo' y 'Enano CIA' la primera cosecha se realizó a los 119 y 120 días respectivamente (Tabla 7).

Los resultados obtenidos difieren de

Mazzani (2007), ya que en la localidad de Maracay, la primera cosecha en el cultivar 'Enano CIA' y 'Sin Espinas' se realizó a los 140 y 135 días respectivamente. Esto confirma que el ciclo fenológico de la planta de tártago está influenciado, entre otros factores, por las condiciones agroecológicas.

El rendimiento de semillas fue diferente entre los cultivares, 'Cola de Caballo' presentó el valor más alto (926,74 Kg/ha), pero estadísticamente igual a 'Paraguazú' y 'Palomero'. El menor rendimiento se manifestó en 'Local de Santa Rosa' con 195,83 Kg/ha. Los demás cultivares fueron intermedios a estos dos grupos (Tabla 7). De acuerdo con lo expuesto por Villalobos *et al.*, (2007), todos los cultivares presentaron baja productividad, es decir, por debajo de 1500 Kg/ha.

Tabla 7. Variables evaluadas en la cosecha.

Cultivares	Días a la 1 ^{era} cosecha (Días)	Rendimiento 1 ^{era} Cosecha (Kg/ha)	
L. Santa Rosa	127	195,83	a
Paraguazú	124	640,97	c
Enano CIA	120	299,48	ab
Sin espinas	97	527,95	bc
Palomero	103	613,02	c
Cola de Caballo	119	926,74	c
CV (%)		34,58	

Conclusiones

Existe una amplia variabilidad en el comportamiento agronómico de los genotipos de tártao.

El cultivar “Cola de Caballo” presentó un mayor rendimiento de semillas, esto se debe al mejor comportamiento de las variables relacionadas con el racimo.

Los cultivares Enano CIA y Sin Espinas fueron los más precoces.

El genotipo “Local de Santa Rosa” fue el más tardío y el de menor rendimiento.

Referencias Bibliográficas

Brigham, R.D. (1993). Castor: Return of an Old Crop. En: *New Crops*. J. Janik and J.E. Simon. (Eds.). New York, Wiley & Sons, [en línea], de <http://www.hort.purdue.edu/newcrop/proceedings1993/v2-380.html>.

EMBRAPA. (2005). *Sistemas de Produção Indicações Técnicas para a cultura da Mamona em Mato Grosso do Sul*. 63 pp.

Mazzani, B., (1983). *Cultivo y mejoramiento de plantas oleaginosas*. Caracas – Venezuela. 289, 295, 298,

320p

Mazzani, E. (2005). *Especificaciones técnicas para la evaluación de variedades de Tártao (Ricinus communis L.)*

Mazzani, E. (2007). *El cultivo del Tártao*. Folleto divulgativo del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas – Maracay

Mazzani, E. (2007). *El Tártao: la planta, su importancia y usos*. Rev. Digital del Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias, CENIAP HOY. 2,6p

Samayoa, M. (2007). *Manual Técnico del Higuerrillo*. Programa agroindustrial del Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal, CENTA. Ministerio de Agricultura y Ganadería El Salvador C.A. p. 7,11-13,16.

Villalobos, A.; Severino, L.; Sabel, J. (2007). *Evaluación de cuatro cultivares de Higuerrilla (Ricinus communis L.) en la selva del Perú región Ucayali*. Trabajo de investigación. Instituto Nacional de Investigación Agraria. 3p.

UTILIZACIÓN DE CRITERIOS MORFOLÓGICOS, FISIOLÓGICOS Y BIOQUÍMICOS EN LA IDENTIFICACIÓN DE CARAOTAS TOLERANTES A ESTRÉS HÍDRICO

Domínguez¹ Amalia, Pérez¹ Yunel, Rea² Ramón, Alemán¹ Silvia, Sosa¹
Maryla, Fuentes¹ Leticia, Darias¹ Rodolfo, Pernía² Beatriz, Domínguez²
Diamarys, Molina² y Daynet Sosa² Sandy

¹Área de Agricultura y Soberanía Alimentaria - IDEA

²Centro de Estudios Biotecnológicos, Facultad de Agronomía,
Universidad de Matanzas “Camilo Cienfuegos” - Cuba.
daynetsosa@yahoo.es

Resumen

La falta de agua para riego o su escasez tiene efectos drásticos sobre el rendimiento de las caraotas, por lo que es imprescindible contar con materiales resistentes o tolerantes al estrés hídrico. El objetivo de este trabajo fue identificar y caracterizar 22 cultivares de caraotas de Cuba y Venezuela en función de su tolerancia a estrés hídrico. Se aplicaron dos tratamientos de riego: 70% y 20% de la capacidad de campo (CC), y a ambas se evaluó el contenido relativo de agua (CRA), la apertura estomática, el índice estomático, contenido de prolina y de fenoles totales en hojas. Un análisis de componentes principales para las variables estudiadas fue realizado y representadas mediante una gráfica Biplot; que permitió agrupar como tolerantes a 10 cultivares, a ocho como medianamente tolerantes y a cuatro como susceptibles a un estrés hídrico del 20% de la CC. Los mayores valores de CRA se obtuvieron en los cultivares tolerantes y susceptibles. Los tolerantes no mostraron cambios en la estructura del mesófilo, no así en los susceptibles, donde se evidenció la separación de las células del parénquima clorofílico en empalizada, aumentando los espacios intercelulares. El contenido de prolina libre y de fenoles totales fue significativamente ($p < 0,01$) más elevado en los cultivares susceptibles. Se recomienda un grupo de características morfo fisiológicas para ser incorporadas como criterios de selección en la identificación de cultivares de caraota tolerantes a sequía.

Palabras clave: *Phaseolus vulgaris* L., estomas, fenoles, prolina.

Introducción

La caraota, *Phaseolus vulgaris* L., es la leguminosa de consumo humano más importante a nivel mundial [Broughton *et al.*, (2003)], muy especialmente en las regiones tropicales de América Latina [Beebe *et al.*, (2008)]. Sin embargo, son varios los factores que afectan negativamente su cultivo, especialmente la sequía, que reduce drásticamente la productividad al afectar de manera negativa numerosos procesos fisiológicos y bioquímicos como la fotosíntesis, la respiración, la absorción de nutrientes [Cornic and Briantais, (1991); Yordanov *et al.*, (2003)].

La falta de agua para riego o su escasez (cultivo de secano) tiene efectos drásticos sobre los rendimientos, estimándose que el promedio en la reducción de la producción en diferentes cultivos, es de hasta un 69% en condiciones limitantes de agua (Bray, 2001).

Teniendo en cuenta que en el mundo gran parte del cultivo de leguminosas se desarrolla en zonas de secano (sólo el 7% de la superficie de caraota en América Latina se cultiva bajo buen riego); y que el grado de afección depende del genotipo y de la etapa de desarrollo en la que se encuentre la planta al momento del déficit hídrico; por lo tanto, es necesario contar con materiales tolerantes o resistentes a estrés hídrico así como también adecuar el manejo del cultivo para ofrecer condiciones de crecimiento y desarrollo que reduzcan al mínimo la incidencia de la falta de humedad edáfica. En ese sentido, el desarrollo de nuevos

cultivares con mejores rendimientos bajo condiciones de estrés es todo un desafío, lo cual constituye, un objetivo prioritario de muchos programas de mejora genética. Sin embargo, dentro de varios factores limitantes, encontramos i) el desconocimiento de la variabilidad para la tolerancia a la falta de agua en el germoplasma disponible, y ii) la falta de criterios de selección que puedan ser usados como marcadores de resistencia a algún tipo de estrés y que presenten reproducibilidad, facilidad de medición y detección precoz. En este sentido, la utilización de parámetros que puedan medirse en etapas de desarrollo temprano en las plantas, se consideran criterios de selección o marcadores de estrés.

El objetivo de esta investigación fue evaluar genotipos de caraota bajo condiciones experimentales de sequía mediante parámetros morfológicos, fisiológicos y bioquímicos.

Materiales y Métodos

Material vegetal

Se emplearon semillas de 22 genotipos de caraotas suministrados por la “Empresa Provincial de Semillas de Matanzas”, de Cuba (CC 259 - colorado $C_5E_8T-1551$, CC 259 - negro $C_6E_{11}T-1567$, “Milagro Villaclareño” -negro $C_5E_3T-1460$ y Bat - 58 $C_5E_7T-1380$), y el “Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas” (INIA-CENIAP) de Venezuela (MGM - 08-02-072 negro 2261, MGM- 08-02-026 La Poncha blanco 2839, MGM - 08-02-023 rojo 2238, MGM- 08-02-066 negro 2256, MGM- 10-02-011

Negro 2288, MGM- 10-02- 012 Negro 2289, MGM -10-02-029 Negro 2305, MGM- 10 – 02- 078 Rosada con pinta 2350, MGM – 10-02- 083 Rosada 2215, MEM – 03-02- 002 Poncha Negro 2215, MEM – 03-01-01 Plomito Negro 2150, MGM – 09-02-01 Negro 2279, MGM- 03-99-03 Vaina Blanca Negro 2025, DP- 03-01- 009 Negro Vaina Blanca 2141, DP- 03- 01-026 Negro de Macaira 2148, MGM- 03-02-004 Negro 2216, Tacarigua Negro 07-875 y Montalbán Negro 07-875).

Las semillas se sembraron en un sustrato de tierra y turba, y el riego se mantuvo a plena capacidad de campo (CC), cada dos días durante 28 días, que fue el tiempo en que se desarrollaron los primordios foliares y se formó el primer trifolio. Luego, de manera aleatoria, las plantas se distribuyeron en tres grupos y a cada uno se le aplicó un tipo de riego diferente: T1: 70 % riego normal y T2: 20% (estrés severo) de CC. Se utilizó un diseño completamente al azar en arreglo factorial.

Comportamiento de las variedades ante el déficit hídrico

Una vez que se detectaron los primeros síntomas de marchitez, las hojas de los distintos genotipos estresados y no estresados fueron congeladas en nitrógeno líquido y almacenadas a – 80°C para realizar las determinaciones de contenido de prolina y fenoles totales. Las plantas fueron clasificadas como tolerantes (T), medianamente tolerantes (MD) y susceptibles (S), según su respuesta al estrés hídrico al que fueron

sometidas. Se tuvo en consideración el estado de marchitez aparente del primordio foliar de las plantas bajo condiciones experimentales de estrés hídrico, sin que llegara a alcanzar el punto de marchitez permanente.

Índice estomático y apertura estomática

Una semana después de aplicar los diferentes tratamientos de riego, se realizó un estudio anatómico de la epidermis en las hojas del primordio, mediante improntas de las mismas según la técnica descrita por Rodés y Collazo (2006). El índice estomático (IE) se determinó utilizando la fórmula de Salisbury sugerida por Wilkinson (1979). La estructura del mesófilo y la apertura estomática fue observada en cortes transversales de la parte media de la lámina foliar de 18 Rm realizados con un micrótopo de congelación (marca Leica CM 1850); observándose, por cada variante experimental, 5 muestras en un microscopio óptico Leica a 10X y 40X de lente objetivo. Las imágenes se capturaron y procesaron con el programa Micrometrics SE Premium.

Contenido relativo de agua (CRA)

Se utilizaron discos foliares de 1 cm. de diámetro los cuales fueron pesados en una balanza digital Sartorius para la determinación de la masa fresco (5 discos por tratamiento de plantas diferentes). La fórmula para la determinación del CRA fue la descrita por Ascón y Taylón, (2000).

Determinación de prolina

La determinación de prolina se realizó

según Bates *et al.*, (1973). La cantidad de prolina (mg/ml) fue determinada a partir de una curva estándar en el rango de 20 – 100 µg.

Determinación de fenoles totales

La determinación de fenoles totales (solubles y ligados a la pared celular) se extrajeron siguiendo el procedimiento de Gurr *et al.*, (1992). Para la cuantificación total de los mismos, se utilizó el procedimiento de Hoagland (1990); expresándose el contenido de compuestos fenólicos en mg/g de masa fresca referido a una curva patrón de ácido clorogénico.

Análisis e interpretación de los datos

En la identificación de los criterios anatómicos y bioquímicos (indicadores) para la selección de genotipos tolerantes al déficit hídrico comparados con los testigo en condiciones de laboratorio, se realizaron análisis de componentes principales (ACP) para las variables índice estomático, apertura estomática, contenido de prolina, fenoles totales y CRA, que fueron representadas mediante una gráfica Biplot (Jolliffe, 2002). Todos los análisis fueron realizados utilizando el programa InfoStat ver. 2010 [Di Rienzo *et al.*, (2010)].

Resultados y Discusión

La respuesta de tolerancia de las plantas a la falta de agua (sequía), implica una serie de mecanismos anatómicos,

fisiológicos, bioquímicos y moleculares. Por esta razón, la utilización de criterios de selección basados en estos mecanismos, se convierten en herramientas valiosas para la selección de genotipos adecuados (tolerantes). En el caso de la caraota, algunos autores han descrito la importancia de combinar diferentes criterios de selección a la hora de identificar genotipos adecuados [Lizana *et al.*, (2006); Muñoz-Perea *et al.*, (2006)].

En la observación macroscópica de los genotipos evaluados se pudo apreciar, que todas las plantas mantuvieron un desarrollo muy similar de sus primordios, independientemente del tratamiento aplicado. Las susceptibles mostraron síntomas de marchitez en los tratamientos de estrés severo [Alemán *et al.*, (2010)], (Figura 1).



Figura 1. Diferencias en los síntomas de marchitez de los primordios foliares de cuatro variedades evaluadas de *Phaseolus vulgaris* L., transcurrida una semana de estar sometidas a los regímenes de riego de 70% (control), 40% (estrés moderado) y 20% (estrés severo) de la capacidad de campo.

Los vectores, según su magnitud y dirección, muestran la participación de las variables dentro de cada componente. (Tabla 1)

Tabla 1. Valores de la contribución de las componentes a la variación total.

Variables	CP 1	CP 2
Aper_estomática	-0,6934	0,2461
Prolina 20%	0,6286	0,5953
Fenoles totales hoja	0,5933	0,4711
IE_envés 20 %	0,9063	-0,0906
IE_haz 20 %	0,8808	-0,1676
CRA20%	-0,2808	0,9022

Correlación cofenética=0,943

El análisis de componentes principales (ACP), se realizó utilizando las 5 variables y mostró que la mayor parte de la variabilidad es explicada por los dos primeros componentes, CP1 (48,40%) y CP2 (24,79%). Estos componentes aportaron en conjunto un 73,19% de la varianza total del ensayo. Las variables cercanas entre si en el biplot presentan patrones similares de respuesta. Las variables con ángulo agudo entre ellas, indican asociación positiva o de comportamiento similar. La ausencia de asociación entre variable es dada por el ángulo recto (90°) entre vectores y la asociación negativa por un ángulo obtuso 180° [Ibáñez *et al.*, (2006)]; Yan *et al.*, (2000)]. Se encontró una asociación alta entre las variables: prolina 20%, fenoles totales hoja, IE envés y haz 20%. La apertura estomática y el CRA correlacionaron positivamente, en cambio el índice estomatocico se asocia opuestamente a la apertura estomatocica dado que forman un ángulo obtuso entre ellos. (Figura 2).

En cuanto a la distribución de los tratamientos en función de los 22 genotipos y los dos riegos (T1: 70 % riego normal y T2: 20% (estrés severo) de CC), se encontró dispersión en la ubicación de éstos en los componentes CP1 y CP2 (Figura 2 y 3), que pudiera estar dado a la variabilidad que existe entre ellos. Se observan tres grupos de genotipos bien diferenciados, los tolerantes ubicados en el sector izquierdo y arriba del gráfico y los susceptibles en

el sector derecho. El grupo I incluyó 10 genotipos (CC 259 - colorado C₅E₈T- 1551, MGM- 08-02-026 La Poncha blanco 2239, MGM – 08-02-023 rojo 2238, MGM- 10-02-011 Negro 2288, MGM -10-02-029 Negro 2305, MGM- 10 – 02- 078 Rosada con pinta 2350, MGM- 03-99-03 Vaina Blanca Negro 2025, DP- 03- 01-026 Negro de Macaira 2148, “Milagro Villaclareño” -negro C₅E₃T - 1460, Bat - 58 C₅E₇T- 1380) que muestran una tolerancia a la falta de agua (20% CC). El grupo II incluyó ocho genotipos (MEM – 03-02- 002 Poncha Negro 2215, CC 259 - negro C₆E₁₁T- 1567, MGM – 08-02-072 negro 2261, MGM – 10-02- 083 Rosada 2215, MEM – 03-01-01 Plomito Negro 2150, MGM- 08-02-066 negro 2256, MGM- 10-02- 012 Negro 2289, DP- 03-01- 009 Negro Vaina Blanca 2141) que muestran un comportamiento intermedio para la falta de agua y clasificados como medianamente tolerantes. El grupo III incluyó a los 4 genotipos (Tacarigua Negro 07-875, Montalbán Negro 07-875, MGM – 09-02-01 Negro 2279, MGM- 03-02-004 Negro 2216) que se muestran como susceptibles a la falta de agua (20% CC).

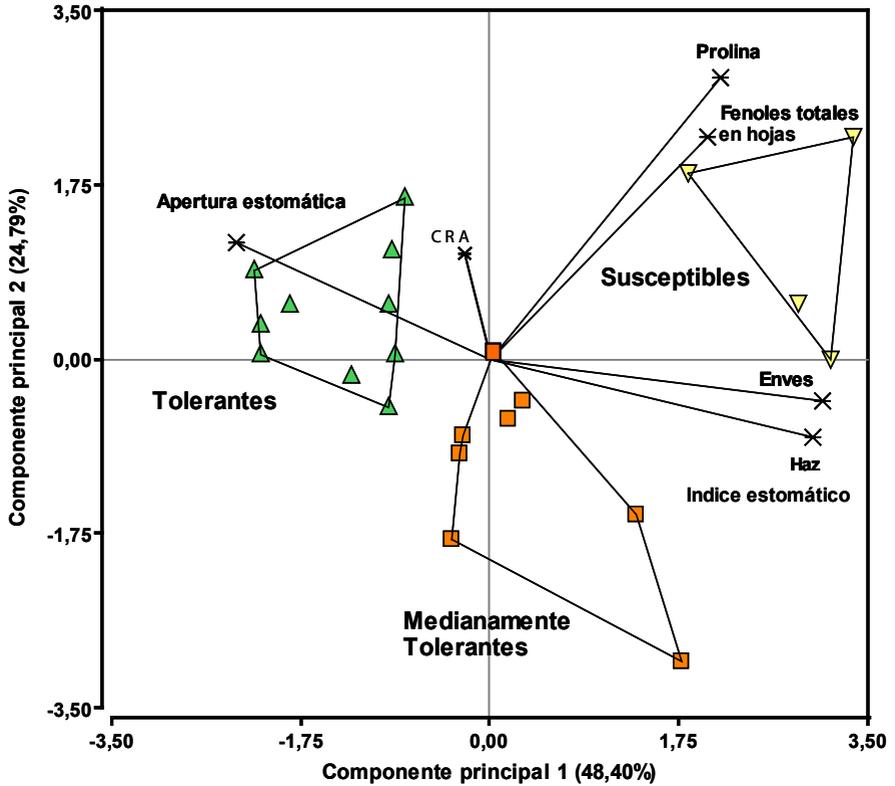


Figura 2. Distribución de los tratamientos para las variables evaluadas según ACP.

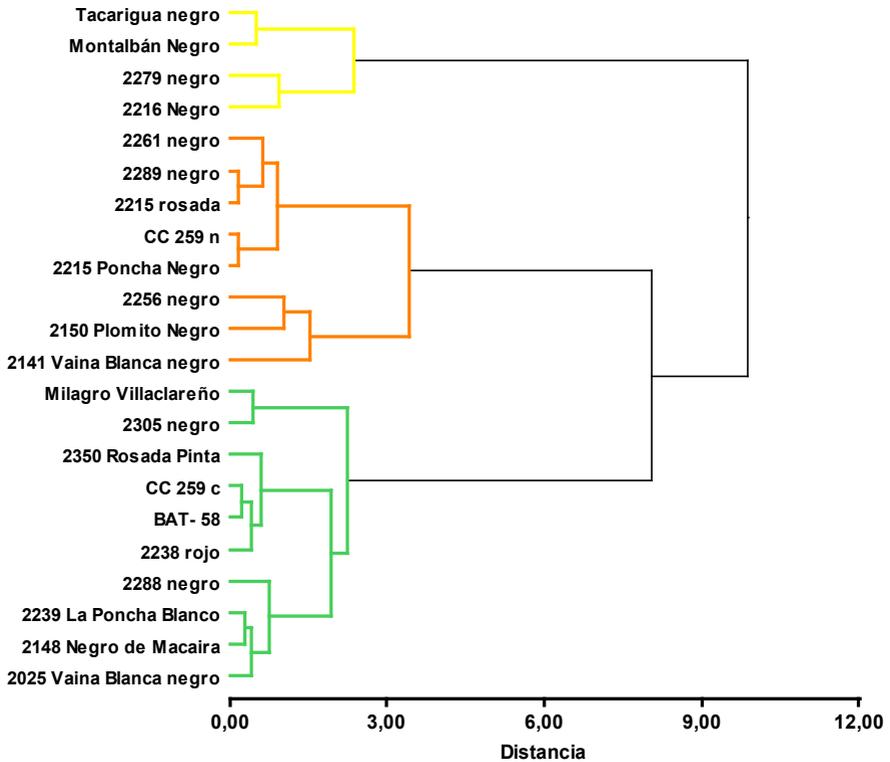


Figura 3. Dendrograma obtenido del análisis de conglomerado para las variables evaluadas.

Conclusiones

De las 5 variables morfofisiológicas y bioquímicas evaluadas en condiciones de invernadero, solo la apertura estomática y el contenido relativo de agua (CRA) presentaron correlaciones con la tolerancia (marchitez) bajo estrés por sequía experimental, las cuales pueden ser utilizadas como criterio de selección de genotipos tolerantes a la sequía en caraota.

Agradecimiento

A la “Empresa Provincial de Semillas de Matanzas”, la donación de las semillas cubanas de *Phaseolus vulgaris* y al Banco de germoplasma del INIA-CENIAP de Venezuela, la donación de los materiales venezolanos que permitieron llevar a cabo esta investigación.

Al Proyecto “Utilización de herramientas biotecnológicas para la identificación y caracterización de variedades de leguminosas resistentes a estrés abiótico”, fuente de financiamiento de esta investigación.

Referencias Bibliográficas

- Broughton, W.J.; Hernandez, G.; Blair, M.; Beebe, S.; Gepts, P.; Vanderleyden, J. (2003). Bean (*Phaseolus* spp.)-model food legumes. *Plant Soil*. 252:55–128.
- Beebe, S.; Rao, I.M.; Cajiao, C.; Grajales, M. (2008). Selection for drought resistance in common bean also improves yield in phosphorus limited and favorable environments. *Crop Science*. 48: 582-592.
- Cornic, G.; Briantais, J.M. (1991). Partitioning of photosynthesis electron flow between CO₂ and O₂ reduction in a C₃ leaf (*Phaseolus vulgaris* L.) at different CO₂ concentrations and during drought stress. *Planta* 183: 178-184.
- Yordanov, I.; Velikova, V.; Tsonev, T. (2003). Plant responses to drought and stress tolerance. *Bulg. J. Plant Physiol*. 187-206.
- Bray, E.A. (2001). Plant response to water deficit Stress. In *Encyclopedia of life sciences*. Nature Publishing Group, [en línea], de www.els.net.
- Thung, M.; Rao, I. (1999). Integrated management of abiotic stresses. En: Singh, S. (ed.) *Common bean improvement in the twenty-first century*. Kluwer Academic Publ., Dordrecht, The Netherlands. 331- 370.
- Rao, I. M. (2001). Role of physiology in improving crop adaptation to abiotic stresses in the tropics: The case of common bean and tropical forages. In Pessaraki, M. (ed.) *Handbook of Plant and Crop Physiology*. Marcel Dekker, Inc., New York, USA. 583-613.
- Rodés, R.; Collazo, M. (2006). *Manual de Prácticas de Fotosíntesis*. 1^{era} ed. Universidad Autónoma de México ISBN: 970-32-3313-9.
- Wilkinson, H. (1979). The plant surface (mainly leaf) In: *Anatomy of dicotyledons* (Metcalfe, C.R. & L. Chalk, eds.). Second edition. Vol. 1. Oxford Clarendon Press. London.
- Ascón, J.; Taylor, M. (2000). *Fundamentos de fisiología vegetal*. Mc Graw - Hill/ Interamericana de España. Primera Edición. ISBN: 84 - 486 - 0258-7. Cap 2. p18.
- Bates, L. S.; Waldren, R. P.; Teare, I. D. (1973). Rapid determination of free proline for water-stress studies. *Short communication. Plant and Soil*. 39: 205-207.
- Gurr, S.I.; Mc Pherson, M.I.; Bowles, D.J. (1992). Lignin and associated phenolic acids in cell walls. *Molecular Plant Pathology and Practical Approach*. 3: 62-69.
- Hoagland, R.E. (1990). *Alternaria cassiae* alters phenylpropanoid metabolism in Sicklepod (*Casia obtusifolia*). *Phytopath*. 130:177–187.
- Jolliffe, I. T. (2002). *Principal Component Analysis*, Series: Springer Series in Statistics. 2nd ed. ISBN: 978-0-387-95442-4. 487pp.
- Di Rienzo, J.A.; Casanoves, F.; Balzarini, M.G.; Gonzalez, L.; Tablada, M.; Robledo, C.W. *InfoStat* version (2010). Grupo InfoStat, FCA. Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- Lizana, C.; Wentworth, M.; Martinez, J.P.; Villegas, D.; Meneses, R.; Murchie, E.H.; Pastenes, C.; Lerzri, B.; Vernieri, P.; Horton, P.; Pinto, M. (2006). Differential adaptation of two varieties of common bean to abiotic stress. I. Effects of drought on yield and photosynthesis. *J. Exp. Bot*. 57: 685–697.

Muñoz-Perea, C.G.; Terán, H; Allen, R.G. ; Wright, J.L; Westermann, D.T.; Singh, S.P. (2006). Selection for drought resistance in dry bean landraces and cultivars. *Crop Sci.* 46: 2111–2120.
Aleman, S.; Domínguez, A.; Domínguez,

D.; Fuentes, L.; Pérez, Y.; Pernía, B.; Sosa, D.; Sosa, M.; Infante, D. (2010). Estudio anatómico y bioquímico en materiales cubanos y venezolanos de *Phaseolus vulgaris* L. bajo condiciones de estrés hídrico. *RET.* 1(1): 89-99.

LA NORMALIZACIÓN EN LATINOAMÉRICA EN MATERIA DE LA COMPATIBILIDAD ELECTROMAGNÉTICA

Tremola¹ Ciro, Azpúrua¹ Marco, Páez¹ Eduardo, Rodríguez¹ Luis,
Sánchez¹ Yuande y Moruga² Gabriel

¹ Laboratorio de Electromagnetismo Aplicado, Fundación Instituto
de Ingeniería para Investigación y Desarrollo Tecnológico (FIIIDT),
Caracas.

² Instituto Nacional de Tecnología Industrial, Buenos Aires, Argentina.
ctremola@fii.gob.ve

Resumen

En los últimos 30 años la Compatibilidad Electromagnética (CEM) se ha establecido como una de las disciplinas de ingeniería más importantes en el diseño y construcción de dispositivos y sistemas eléctricos, electrónicos y de telecomunicaciones. En tal sentido, regulaciones y normas nacionales e internacionales fijan los lineamientos sobre los límites de las emisiones, niveles de inmunidad, técnicas y requerimientos de los laboratorios de ensayos de CEM al que deben cumplir tales dispositivos. En la última década, la necesidad de realizar adopciones nacionales de las normas de CEM ha permeado hasta Latinoamérica, principalmente en aquellos países con un mayor desarrollo industrial en materia automotriz, aeroespacial y de manufactura de equipos de tecnologías de la información y de telecomunicaciones. El presente trabajo aporta una revisión sobre el estado de la normalización en materia de CEM en cuatro países latinoamericanos (Argentina, Brasil, México y Venezuela) y su contribución para el desarrollo tecnológico de dichas naciones. La tendencia en Latinoamérica ha sido la adopción de normas internacionales para integrarse mejor al mercado mundial. Asimismo, ha sido posible evidenciar cómo las familias de producto que han sido abordadas hasta los momentos en estos países tienen relación con sus principales mercados de exportación (electromédicos, tecnologías de la información y electrodomésticos). Finalmente, la normalización en materia de CEM en Latinoamérica tiene aún un largo camino por recorrer, en donde el aumento de la cartera de normas y la actualización periódica de las normas adoptadas requiere del trabajo conjunto de la industria, sector gubernamental y sector científico-tecnológico.

Palabras clave: compatibilidad electromagnética, electricidad y electrónica, normalización.

Introducción

Latinoamérica incluye veinte países dentro de los cuales se encuentran algunas de las economías más extensas y de mayor crecimiento económico del continente. La economía de América Latina a precios de mercado es la tercera más grande y más poderosa del mundo, con 6.06 billones de dólares (Banco Mundial 2010). Según la Comisión Económica para América Latina y otros estudios (CEPAL) (IDB y CEPAL, 2000) la economía de América Latina ha mantenido un crecimiento del Producto Interno Bruto (PIB) por año de alrededor del 5%, acompañado de una mayor apertura y de la expansión del sector industrial, de construcción y de servicios, un gran aumento en las exportaciones y el consumo interno (sólo las exportaciones a China aumentaron un 50% entre 2009 y 2010), entre otras cosas. Esto no sólo debido al aumento de la población (de 15% en 10 años), sino también debido al aumento en el precio mundial de materias primas y de políticas claras hacia la industrialización y la integración económica.

Aunque esta región se ha caracterizado por ser un importante exportador de materias primas (petróleo, agricultura, minerales, etc), en los últimos 30 años, ha estado experimentando un aumento significativo de sus exportaciones en el comercio mundial de alta tecnología (hardware y software, farmacéutica, telecomunicaciones y aeroespacial). Gracias a la contribución de las principales economías de la región, como Argentina, Brasil y México, América Latina experimentó un aumento de más del 40% en las exportaciones

de tecnología en los años 90. Si sólo son considerados los productos de alta tecnología, como los formados por equipos de oficina, informática y telecomunicaciones, los receptores de televisión, transistores, turbinas, equipos de generación de energía, productos farmacéuticos, equipos aeroespaciales, instrumentos de medición y equipos ópticos, los países en desarrollo de América Latina han experimentado entre 1980 y 1995 el mayor porcentaje anual de crecimiento de las exportaciones de estos productos en comparación con el resto de los países en desarrollo (Soto, 2001). México, Brasil y Costa Rica son los países de la región con mayores exportaciones de alta tecnología, con más del 80% del mercado de exportaciones de América Latina para este sector.

El crecimiento industrial y el aumento de las exportaciones de productos de tecnología han impulsado la creación de instituciones especializadas y laboratorios competentes que presten asistencia técnica a la industria en: los aspectos regulatorios del mercado, evaluación de productos, control de los procesos de producción y certificación bajo las normas de seguridad y calidad, entre otros, con el objetivo principal de preservar la calidad y la seguridad de los consumidores, aumentar la competitividad de sus productos y garantizar su mayor participación en los mercados internacionales.

En tal sentido, una de las áreas de certificación de dispositivos eléctricos y/o electrónicos que ha sido cada vez más reconocida y desarrollada en los mercados internacionales es la Compatibilidad Electromagnética

(CEM). La CEM es la capacidad de un dispositivo, equipo o sistema para funcionar satisfactoriamente en su entorno electromagnético sin introducir perturbaciones electromagnéticas intolerables para los demás dispositivos, equipos y sistemas de ese entorno (Paul, 2006). Con el desarrollo de las telecomunicaciones y la electrónica, este entorno es cada vez más complejo y exigente. Por lo tanto, la compatibilidad electromagnética se convierte en una disciplina de la seguridad y la calidad en la que el fabricante diseña y construye sus productos lo suficientemente robustos como para tolerar la interferencia provocada por campos electromagnéticos sin sufrir una degradación inaceptable del desempeño y que a su vez, el equipo en cuestión no afecte a otros equipos electrónicos, dispositivos, sistemas y subsistemas, que operan en el mismo entorno previsto, con las emisiones electromagnéticas [Rodríguez *et al.*, (2008)].

La importancia de la compatibilidad electromagnética en los mercados internacionales es evidente en las normativas de la Comunidad Europea, de los países de América del Norte (EE. UU. y Canadá), y de Asia. La Directiva 2004/108/CE en vigor desde 2007, que se aplica en los 27 estados miembros de la Comunidad Europea, el Título 47 de la sección 15 de las Regulaciones de la Comisión Federal de Comunicaciones (FCC) implementado desde 1975 en los Estados Unidos y la ley DENAM en Japón administrada por el Ministerio de Economía, Comercio e Industria desde 2001.

En América Latina, la CEM se presenta

como un tema tratado de manera diferente entre los países, debido a las realidades específicas del desarrollo industrial y tecnológico de cada uno de ellos. En la mayoría de los casos, han seguido las directrices internacionales promovidas por las empresas manufactureras privadas y los servicios que se necesitan para cumplir los requisitos normativos en los mercados internacionales, y en otros casos ha sido una iniciativa del gobierno. Este estudio pretende conocer la relación entre el desarrollo industrial, el nivel tecnológico y la situación normalizadora del campo de CEM en América Latina a través de una descripción de la situación actual de las regulaciones de cada país, a fin de establecer un análisis comparativo que se relaciona con el crecimiento económico y el desarrollo de la CEM. Para lograr este propósito, se presentan datos comparativos entre los cuatro países con mayor PIB de la región (Argentina, Brasil, México y Venezuela).

Normalización internacional en CEM
Existen múltiples organismos internacionales creados para estandarizar, entre otros aspectos, la compatibilidad electromagnética. Los más importantes son: la Comisión Federal de Comunicaciones (FCC), Comisión Electrotécnica Internacional (IEC) y el Instituto Europeo de Normas de Telecomunicaciones (ETSI).

La FCC es una agencia estatal a cargo del Congreso de Estados Unidos, que dicta las normas en el campo de las telecomunicaciones (radio, televisión, wireless, satélite y cable). En cuanto a CEM, la FCC aprobó el Título 47 del Código de Regulaciones Federales. En su apartado 15, cubre las normas específicas

para las emisiones electromagnéticas de los dispositivos de radiofrecuencia, incluyendo transmisores intencionales (teléfonos celulares) y no intencionales (computadoras y televisores), y, su apartado 18 aplica a equipos que operan en la banda no licenciada destinada al uso industrial, científico y médico (Paul, 2006).

Asimismo, la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC) es la organización internacional normalizadora más importante en el campo de las tecnologías eléctricas y afines. Fue fundada en 1904 en los Estados Unidos y desde 1948 tiene su sede en Ginebra, Suiza. El trabajo de la IEC se lleva a cabo en los comités técnicos. Las normas de CEM son desarrolladas por el comité técnico 77 (TC 77) y por el comité especial CISPR (Comité Internacional Especial de Perturbaciones Radioeléctricas) (CISPR, 2008). Las normas CEM pertenecen a la serie IEC 61000-X, donde X representa: "1" - Aplicación y definiciones, "2" - los niveles de Medio Ambiente y de compatibilidad, "3" - los límites de las perturbaciones, "4" - Técnicas de ensayo y medición, "5" - guías de instalación y de mitigación, "6" - normas genéricas. Una lista detallada de la directiva de la IEC en CEM está disponible en [Balcells *et al.*, (1992)].

Por último, pero no menos importante, se encuentra el Instituto Europeo de Normas de Telecomunicaciones (ETSI), que es una organización para la estandarización de la industria de las telecomunicaciones (fabricantes de equipos y operadores de red). En el campo de CEM, este organismo trabaja en la estandarización de las directivas

armonizadas de la Comunidad Europea, tales como la Directiva 2004/108/CE. La ETSI ha desarrollado las normas técnicas sobre el tema de la compatibilidad electromagnética y asuntos del espectro radioeléctrico con el código 301489-X para equipos de radio y servicios, de la Parte 1 a 32. Estas normas se refieren a los límites y las condiciones de prueba para equipos de telecomunicaciones portátiles, móviles y fijas.

Regulación y normalización en CEM dentro de Latinoamérica

El entorno normativo es completamente diferente en cada uno de los países estudiados. Las normas de CEM adoptadas en los países estudiados de Latinoamérica pueden ser consultadas en las Tablas 1 y 2.

En este sentido, el Gobierno argentino a través de la Administración Nacional de Medicamentos, Alimentos y Tecnología Médica (ANMAT) tiene una resolución sobre la certificación de equipos eléctricos en CEM, a través del IRAM 4220-1-2 (IRAM, 2003). La ANMAT exige que los laboratorios de certificación deban ser aprobados por el Organismo Argentino de Acreditación (OAA). Es importante destacar que esta resolución es de cumplimiento no obligatorio.

En Brasil, la situación es diferente, ya que las normas de CEM son hechas por la Asociación Brasileña de Normas Técnicas (ABNT), que adopta las normas internacionales de ensayos de CEM para su uso en la certificación obligatoria de productos. Para regular la certificación de equipos de telecomunicaciones, existe la resolución N° 442 de la Agencia Nacional de Telecomunicaciones (ANATEL) (ANATEL, 2006), que está en vigor

desde 2006. Esta menciona los límites y criterios de evaluación que aplicables a equipos de telecomunicaciones, tomando como referencia las normas básicas de compatibilidad electromagnética del IEC y del Comité CISPR.

En el ámbito normativo, México es una referencia en la región, a través de sus diferentes instituciones involucradas

en la adopción y adaptación de las normas internacionales a las necesidades tecnológicas del país. México cuenta con dos organizaciones de normalización importante, ANCE (Asociación Nacional de Normalización y Certificación del Sector Eléctrico) y NYCE (Normalización y Certificación Electrónica A.C.).

Tabla 1. Correspondencia entre las normas básicas internacionales de CEM y las normas básicas nacionales de CEM en América Latina

NORMA INTERNACIONAL	ARGENTINA IRAM	BRASIL ABNT	MÉXICO ANCE [18]	VENEZUELA FONDONORMA
IEC 61000-2-2	-	-	NMX-J-550/2-2-ANCE-2005	-
IEC 61000-3-2	2491-3-2	-	NMX-J-550/3-2-ANCE-2004	4003:11
IEC 61000-3-3	2491-3-3	-	NMX-J-550/3-3-ANCE-2004	4005:11
IEC 61000-3-4	-	-	NMX-J-550/3-4-ANCE-2004	-
IEC 61000-3-5	2491-3-5	-	-	-
IEC 61000-3-11	2491-3-11	-	NMX-J-550/3-11-ANCE-2004	-
IEC 61000-4-2	2491-4-2	-	NMX-J-550/4-2-ANCE-2005	NTF 3984:2010
IEC 61000-4-3	2491-4-3	-	-	NTF 3985:2010
IEC 61000-4-4	2491-4-4	-	NMX-J-550/4-4-ANCE-2005	NTF 3948:2008
IEC 61000-4-5	2491-4-5	-	NMX-J-550/4-5-ANCE-2006	NTF 3986:2010
IEC 61000-4-6	2491-4-6	-	NMX-J-579/4-6-ANCE-2006	NTF 3950:2008
IEC 61000-4-7	-	-	NMX-J-550/4-7-ANCE-2005	-
IEC 61000-4-8	-	-	NMX-J-579/4-8-ANCE-2006	NTF 3965:2009
IEC 61000-4-9	-	-	NMX-J-579/4-9-ANCE-2006	-
IEC 61000-4-11	2491-4-11	-	NMX-J-550/4-11-ANCE-2006	NTF 3949:2008

IEC 61000-4-12	-	-	NMX-J-550/4-12-ANCE-2006	-
IEC 61000-4-13	-	-	NMX-J-550/4-13-ANCE-2005	-
IEC 61000-4-15	-	-	NMX-J-550/4-15-ANCE-2005	-
IEC 61000-4-30	2491-4-30	ABNT NBR IEC 61000-4-30:2011	-	-

Actualmente en México tienen un conjunto de más de 25 normas de carácter no obligatorio de CEM aplicables a diferentes sectores industriales [Molina *et al.*, (2007)]. A finales de 2009 se aprobó la Norma Oficial Mexicana NOM-121-SCT1-2009 de obligatorio cumplimiento, que incluye la CEM en

el sector de las telecomunicaciones. Con el acuerdo de libre comercio actual entre los Estados Unidos, Canadá y México, este sería el primer estándar que se considera bajo el acuerdo de libre comercio (Molina y Gracia, 2010).

Tabla 2. Correspondencia entre las normas de producto internacionales de CEM y las normas de producto nacionales de CEM en América Latina

NORMA INTERNACIONAL	ARGENTINA IRAM	BRASIL ABNT	MÉXICO ANCE	VENEZUELA FONDONORMA
60601-1-2	IRAM 4220-1-2	ABNT NBR IEC 60601-1-2:2010	-	NTF 3968:2009
CISPR 11	-	-	NMX-I-002-NYCE-2005	NTF 3997-2011
CISPR 12	-	-	NMX-I-093-NYCE-2005	-
CISPR 13	IRAM IEC CISPR 13	-	NMX-I-135-NYCE-2004	-
CISPR 14-1	IRAM IEC CISPR 14-1	-	NMX-I-171-NYCE-2004	-
CISPR 14-2	IRAM IEC CISPR 14-2	-	NMX-J-550/14-2-ANCE-2008	-
CISPR 16-1	-	-	NMX-I-175/01-NYCE-2003	-
CISPR 16-2	-	-	NMX-I-175/02-NYCE-2003	-

CISPR 19	-	-	NMX-I-200- NYCE-2003	-
CISPR 20	IRAM IEC CISPR 20	-	-	-
CISPR 22	-	-	NMX-I-240- NYCE-2000	NTF 3998-2011
CISPR 24	-	-	-	11-4-023
ISO 13766	-	ABNT NBR ISO 13766:2007	-	-
ISO 11452-1	-	ABNT NBR ISO 11452- 1:2011	-	-
ISO 11452-2	-	ABNT NBR ISO 11452- 2:2006	-	-
ISO 11451-1	-	ABNT NBR ISO 11451- 1:2006	-	-
ISO 11451-2	-	ABNT NBR ISO 11451- 2:2006	-	-
ISO 11451-3	-	ABNT NBR ISO 11451- 3:2006	-	-

Finalmente, en Venezuela desde el año 2008, la Comisión Nacional de Telecomunicaciones (CONATEL), el Instituto de Ingeniería (FIIIDT) y el Centro Nacional de Desarrollo e Investigación en Telecomunicaciones (CENDIT) han promovido la adopción de las normas de compatibilidad electromagnética aplicada al sector de las telecomunicaciones, a través del Subcomité Técnico de Telecomunicaciones (SC-04) que pertenecen al Comité de Electricidad (CODELECTRA), y las normas adoptadas han sido publicados por el Fondo para la Normalización y Certificación de

Calidad (FONDONORMA). El SC-04 ha adoptado varias normas básicas de CEM y de familias de productos, convirtiéndose en el subcomité de mayor actividad y productividad de CODELECTRA. No obstante, dentro del proceso de homologación de productos de telecomunicaciones en Venezuela, aún no existen requisitos explícitos relacionados con la certificación de conformidad en CEM y por lo tanto, esto no constituye una exigencia de CONATEL para los dispositivos, sistemas y subsistemas de telecomunicaciones.

Agradecimiento

Para la realización de esta publicación, los autores contaron con el apoyo de Francisco Sepúlveda de SI-CEM de México, Rodrigo Jiménez López de ANCE, Victoria Molina-López de CENAM, Benjamim Galvão y la empresa ETS-Lindgren por la información proporcionada.

Conclusiones

Este artículo ha mostrado brevemente la situación actual de América Latina desde el punto de vista de la economía y del comercio, así como el estado actual de la compatibilidad electromagnética en la región, desde la perspectiva normativa y regulatoria. Se ha observado en los casos descritos que si bien, el desarrollo de un sector industrial tecnológico es el motor principal de la CEM, sólo una política de exportación integrada con las normas estatales, unido a las demandas del mercado internacional, permite el desarrollo de la CEM vinculada con la participación de todos los sectores que interactúan en el plano técnico (servicios, industrial, académico).

La tendencia en América Latina en relación a la normalización en materia de CEM ha sido la adopción de normas internacionales de la IEC y del CISPR. En el momento en que este estudio se llevó a cabo, Argentina contaba con 16 normas nacionales relativas a CEM, mientras que Brasil tenía 8, México 25 y Venezuela 13. Cabe destacar que sólo México y Brasil cuentan con regulaciones obligatorias en materia de telecomunicaciones, que requieren la evaluación de las normas básicas de CEM para la certificación de sus

productos y/o para garantizar el uso adecuado de espectro radioeléctrico, lo cual puede estar relacionado a una mayor explotación y penetración de servicios de telecomunicaciones en esos países.

La gran diferencia en los aspectos regulatorios de la CEM en cada país analizado denota una falta de políticas coherentes en relación con el cumplimiento de los requisitos de CEM dentro de la región de América Latina. Los gobiernos nacionales y las organizaciones de comercio y de integración de la región (por ejemplo: MERCOSUR, CAN, ALBA, TLC) deben promover y unificar la regulación del mercado en relación a la compatibilidad electromagnética con el fin de elevar la calidad de los productos y garantizar la protección de los consumidores de América Latina. Esto debe ser logrado mediante el apoyo a las instituciones de normalización, de control de la calidad y de los laboratorios de certificación debidamente Integrados.

Referencias Bibliográficas

- IDB. (2000). Development beyond economy: Social and Economic progress in Latin America. — Report 2000. Washington, DC: Inter-american-Development-Bank.
- IDB. (1998/9). Latin America deal with inequality: Economic and Social Progress in Latin America —Report 1998/9. Washington, DC: Inter-american-Development-Bank.
- CEPAL. (2000). Equity, development and citizenship. México, 3-7 April, Twenty-Eighth Session.
- De Soto, H. (2001). Competitividad: el motor del crecimiento. IDB.

- Paul, C. (2006). Introduction to Electromagnetic Compatibility. Wiley-Interscience. Segunda edición. 49–89.
- Rodríguez, L.; Tremola, C.; Páez, E. (2008). Creación del laboratorio de Compatibilidad Electromagnética (CEM) y Determinación de Parámetros de Antena (APM) para el Instituto de Ingeniera (FII). Revista Espacios. vol. 29 (3).
- CISPR 16: (2008). Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods - Part 2-1: Methods of measurement of disturbances and immunity - Conducted disturbance measurements, CISPR Standard 16.
- Balcells, J.; Daura, F.; Esparza, R.; Pallás, R. (1992). Interferencias Electromagnéticas en sistemas electrónicos. Series MUNDO ELECTRÓNICO, Marcombo. 333–343.
- IRAM 4220. (2003). Aparatos electromédicos. Parte 1: Exigencias generales de seguridad. Sección 2: Norma colateral: Compatibilidad electromagnética. Requisitos y ensayos, IRAM standad 4220. 2003.
- Resolución Nª442 (July 2006). “Regulamento para a Certificação de Equipamentos de Telecomunicações quanto aos Aspectos de Compatibilidade Eletromagnética”. AGÊNCIA NACIONAL DE TELECOMUNICAÇÕES.
- Molina, V.; García Ruiz, I; Sepúlveda, F.; Ávila Jiménez, D.; Jiménez López, R.; Martínez, E. (2007). Perspectivas del desarrollo de las normas para la implantación de la CEM en México”. Proceedings of the National Meeting of Electrical Metrology, ENME-2007. Querétaro, Qro. México.
- Molina, V.; García Ruiz, I. (2010). Desarrollo de los sistemas de medición para la evaluación de la conformidad con la NOM-121-SCT1-2009. Symposium of Metrology 2010. Querétaro, Qro. México.

REVISTA
“OBSERVADOR DEL CONOCIMIENTO”
NORMAS PARA LA PRESENTACIÓN DE ARTÍCULOS

EXTENSIÓN DEL ARTÍCULO, TÍTULO, SUBTÍTULOS, TIPO Y TAMAÑO DE LETRA, INTERLINEADO Y OTRAS CONSIDERACIONES

La extensión máxima de los artículos será de doce (12) páginas, sin sangría, incluyendo Tablas, Figuras y Referencias Bibliográficas. La fuente debe ser Times New Roman 12, y el interlineado será 1,5. El texto debe estar justificado. El título se coloca en **negritas**, interlineado sencillo. Los subtítulos se colocarán en **negritas**, alineados a la izquierda. Los nombres científicos de géneros y especies se escribirán en cursivas. Los márgenes (superior e inferior, izquierdo y derecho) serán de 3 cm. Cada página tendrá un máximo de 28 renglones.

IMÁGENES, FIGURAS, FOTOGRAFÍAS Y GRÁFICOS

Las imágenes, tablas y gráficos deben tener una resolución de 300 dpi, y contarán con leyenda e información sobre la fuente. Las tablas deben ser construidas con la herramienta *Tabla* del procesador de palabras, colocando el título encima del margen superior, y numerándolas consecutivamente, en ningún caso las tablas deben enviarse en formato no editable (jpg. y pdf.) Los gráficos, ilustraciones y fotografías serán identificados como *figuras*, asignándoles una numeración consecutiva, y colocando las leyendas debajo de su margen inferior, alineadas a la izquierda y resaltando en negritas la palabra **Figura** y el número correspondiente (p. ej.: **Figura 1**). Los mapas deben tener una escala gráfica. Las fórmulas y ecuaciones deben ser generadas utilizando editores de ecuaciones del procesador de palabras, y serán alineadas en el centro de la página.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Para citar las Referencias Bibliográficas se utilizarán paréntesis dentro del texto, en lugar de notas al pie de página. Deben incluir información sobre el autor y el año de publicación del trabajo. En el caso de los artículos que tienen más de tres autores, únicamente se colocará el primero, seguido de la expresión “*et al.*” en letras cursivas. El autor debe cerciorarse de que todas las citas del texto aparezcan referidas en la lista de Referencias Bibliográficas que se ofrece al final del artículo.

Las Referencias Bibliográficas deben ordenarse alfabéticamente por apellido del autor, utilizando las normas de la American Psychological Association (APA) para reseñar libros, publicaciones periódicas, medios electrónicos y otros tipos de documentos.

Los artículos deben tener la siguiente estructura:

Título

Datos de los autores (Solo filiación y correo)

Resumen

Palabras clave

Introducción

Materiales y Métodos

Resultados y Discusión

Conclusiones

Agradecimiento (opcional)

Referencias Bibliográficas



"Ahí está el futuro, ahí está el más grande potencial para el desarrollo del país, a través de la agricultura; y no sólo para producir alimentos, sino para producir —y lo digo con Kléber— dignidad; y para producir —y lo digo con el Che— el hombre nuevo, la mujer nueva, la sociedad nueva"

SHAMANIKO

HUGO RAFAEL CHÁVEZ FRÍAS



Gobierno Bolivariano
de Venezuela

Ministerio del Poder Popular
para Ciencia, Tecnología e Innovación

Observatorio Nacional de Ciencia,
Tecnología e Innovación

