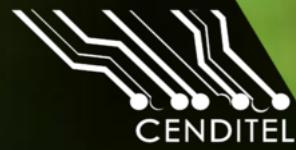


N° 15 - Año 8

ISSN: 2244-7423



Centro Nacional de Desarrollo e
Investigación en Tecnologías Libres (Cenditel)

- Ciencias Sociales y Humanas
- Ciencias Básicas y Aplicadas
- Ensayos y Reflexiones

cic

CONOCIMIENTO
LIBRE Y LICENCIAMIENTO

CONOCIMIENTO
LIBRE Y LICENCIAMIENTO

Fotografía: David Hernández

Derecho de Autor © 2017 Fundación Centro Nacional de Desarrollo e
Investigación en Tecnologías Libres (CENDITEL)
Algunos Derechos Reservados – Copyleft
Depósito Legal No. PPI 201002ME3476
ISSN No. 2244-7423
Índice de Revistas de Ciencia y Tecnología (REVENCYT) No. RVR 065

Equipo Editorial

Dr. Alejandro Elias Ochoa Arias
Dra. Daisy Villasana Rodríguez
Dr. Fernando Otalora Luna
MSc. Santiago Roca
MSc. Carlos González
MSc. José Joaquín Contreras
Ing. Lully Troconis
David A. Hernández Aponte

Diseño de portada y contraportada: Cipriano Alvarado.
Fotografía de portada: David A. Hernández Aponte.
Maquetación: David A. Hernández Aponte.

Se utiliza una Licencia Creative Commons
de Atribución-NoComercial-SinObraDerivada 3.0 – Venezuela (CC BY-NC-ND 3.0 VE),
según la cual el propietario del derecho de autor concede libertades a terceros para copiar, distribuir, comunicar
públicamente su trabajo en cualquier medio o formato.



Atribución	Debe reconocer los créditos de la obra de la manera especificada por el autor o el licenciador (pero no de una manera que sugiera que tiene su apoyo o apoyan el uso que hace de su obra).
No comercial	No puede utilizar esta obra para fines comerciales.
Sin obra derivada	Si usted mezcla, transforma o crea nuevo material a partir de esta obra, usted no podrá distribuir el material modificado.

Revista Conocimiento Libre y Licenciamiento. Nro 15 Año 8 (2017)
(<http://convite.cenditel.gob.ve/clic/>)

Centro Nacional de Desarrollo e Investigación en Tecnologías Libres – CENDITEL
(<https://www.cenditel.gob.ve/>)
República Bolivariana de Venezuela

CONOCIMIENTO
LIBRE Y LICENCIAMIENTO

Índice general

Presentación	I
Editorial	II
Artículos sobre Creación del Conocimiento	
Características físico-químicas de granos de cacao de los estados Aragua, Mérida, Miranda y Zulia de la República Bolivariana de Venezuela <i>Racely E. Sánchez G., Pablo García L., Satfel Dugarte, Deith Mendoza, Carlos Rivas-Echeverría</i>	2
Porcentaje de Fermentación de granos de cacao de los estados Aragua, Mérida, Miranda y Zulia de la República Bolivariana de Venezuela <i>Racely E. Sánchez G., Pablo García L., Satfel Dugarte, Deith Mendoza, Carlos Rivas-Echeverría</i>	16
Efecto de la canela sobre la muda, supervivencia y oviposición de <i>Rhodnius prolixus</i> <i>Erick Kleny Hernández, Luis Rojas-Fermín, Elis Aldana, Fernando Otálora-Luna</i>	26
Programa de capacitación para el control de <i>Achatina fulica</i> (<i>Gastropoda: Achatinaceae</i>) en la comunidad de Guatacaral, Parroquia San Juan, estado Sucre, Venezuela <i>Grégory José Hernández Cova, Mariela del Valle Cova Morales, Antulio Servio Prieto Arcas</i>	39
Abundancia y distribución de tallas de <i>Nerita fulgurans</i> (Gmelin, 1791) en el biotopo rocoso del sector “El monumento”, Cumaná, Edo. Sucre, Venezuela. <i>Mariela del Valle Cova Morales, Antulio Servio Prieto Arcas</i>	57
Algoritmo de bajo costo de procesamiento para la Detección de Potenciales Tardíos Ventriculares (PTV) <i>Edinson Dugarte, Nelson Dugarte, Diego Jugo, Rubén Medina, Antonio Alvares, Adolfo González, Gabriel Alvarez</i>	73
Algoritmo de Procesamiento del EEG para la Detección de los estados del Sueño <i>Jhosmary Cuadros, Gerardo Ceballos, Edinson Dugarte, Nelson Dugarte, Antonio Alvares, Adolfo González, Gabriel Alvarez</i>	94
Predicción de epítotos consenso de células B en el virus de la influenza H5N1 <i>Raúl Isea, Judith Cardinale, Andrés Ortega</i>	106
Derivación de la función del corrimiento hacia el rojo en agujeros de gusano del tipo Morris-Thorne estabilizados con energía fantasma <i>Raúl Isea</i>	111

Ensayos sobre la Creación de Conocimientos

Educación Ambiental Eco-Sistémica: conocimiento y realidad desde una percepción onto-epistemológica

Freddy José Berrios, Omaira García, Naybé Moreno 122

La alimentación y la nutrición. Referentes de identidad social y patrimonio cultural

Ernesto Elías De La Cruz Sánchez 129

Experiencias de Conocimiento Libre

Las concepciones en la enseñanza y aprendizaje de las ciencias naturales ¿ayudan o entorpecen?

Rebeca Rivas 140

Reseñas

Hacia una geopolítica del conocimiento: El “otro” despojado del conocimiento

Alejandro Ochoa 153

Boletín

Realizado Festival Latinoamericano de Instalación de Software Libre en Mérida 158

Presentación

Es posible que la pregunta por la *utilidad* de la ciencia haya sido consustancial con su ejercicio como disciplina desde siempre. Preguntas que apuntan a definir *qué* se va a estudiar y *para qué* se encuentran en las bases de la organización de la ciencia como actividad institucional, y la manera en que son respondidas se halla ineludiblemente ligada al contexto en que las instituciones científicas encuentran su razón de ser. Si un determinado conocimiento contribuye con ciertas aplicaciones que se consideran valiosas puede decirse que se resulta “útil”. En este sentido, una ciencia útil contribuye a apuntalar ciertas aplicaciones siempre y cuando exista un consenso establecido sobre el lugar de estas en la sociedad.

No obstante, una reflexión madura sobre el carácter de la ciencia y la tecnología agrega la preocupación por la *pertinencia*. Si la utilidad llama la atención sobre la aplicabilidad del conocimiento ahí donde los fines están claramente definidos, la pertinencia hace énfasis en el impacto social que el conocimiento y sus aplicaciones pueden lograr. Si mantenemos esta distinción, se podría afirmar que no siempre que un conocimiento encuentra una utilidad específica puede decirse que tiene un impacto social relevante, y por tanto, que es pertinente. Esta dualidad se halla en la discusión sobre las agendas científicas y el propósito de las ciencias en sociedades que aún se encuentran llamadas a marcar su camino hacia la autonomía científica. Evidentemente lo que se considera “útil” o “pertinente” es tal en un contexto de valores que califica los procesos científicos y tecnológicos. Aún más, entre la utilidad y la pertinencia de un conocimiento se encuentra la diatriba entre la ciencia como instrumento y la ciencia como agente para el cambio social.

Este número de la **Revista Conocimiento Libre y Licenciamiento (CLIC)** viene a propósito para ilustrar esta discusión, en cuanto que los artículos presentados no solamente son útiles en cuanto que aportan un conocimiento que puede formar parte en procesos de aplicación, sino que también resultan pertinentes porque abren la posibilidad de que tales procesos tengan impacto positivo en áreas tan importantes como la producción de alimentos y la prevención de enfermedades. De esta manera se va construyendo el sentido de una publicación de carácter científico y nuestroamericana.

Finalmente, el número actual representa otro resultado de un esfuerzo colectivo para difundir conocimientos científicos y tecnológicos desde una plataforma de Acceso Abierto. Por ello, se ha venido afianzando la implementación del sistema *Open Journal Systems* para mejorar la visibilidad de la publicación, así como también para facilitar la integración de los autores y los árbitros en el proceso de construcción de conocimiento de forma abierta y participativa. Como siempre, se invita a la comunidad de creadores de conocimientos a compartir los resultados de su trabajo en esta publicación, con el propósito de incrementar el acervo de saberes útiles y pertinentes para la humanidad.

Santiago Roca
Comité Editorial
Revista Conocimiento Libre y Licenciamiento

Editorial

Esta publicación se propone establecer un diálogo de saberes entre diferentes disciplinas, con lo que pretende servir de ejemplo para la promoción de una cultura científica más comprensiva. Evidentemente, el diálogo supone mucho más que la inserción de diferentes temas en una publicación, y requiere la creación de una matriz de sentido que le proporcione coherencia al conjunto. De tal forma que los diferentes artículos que se presentan en la Revista encuentran su lugar porque ayudan a mostrar facetas transversales en el proceso de construcción social del conocimiento.

Es por ello que, como siempre, organizamos la Revista en varias secciones. La sección de *Artículos sobre la Creación de Conocimientos* abre con dos títulos de interés para el área agroalimentaria. En “Características físico-químicas de granos de cacao de los estados Aragua, Mérida, Miranda y Zulia de la República Bolivariana de Venezuela” se presenta una evaluación de las características de los granos de cacao provenientes de varios estados del país, con lo cual se obtiene una valoración de las variables que sirven para su procesamiento. Adicionalmente, en el trabajo “Porcentaje de Fermentación de granos de cacao de los estados Aragua, Mérida, Miranda y Zulia de la República Bolivariana de Venezuela” se presenta un estudio de caracterización de esta materia prima con metodologías certificadas, de forma tal que ambos artículos aportan a la valoración de este producto en la industria alimentaria.

A continuación se introducen tres artículos que muestran aspectos sensibles de la relación entre el ser humano y la naturaleza. En el artículo “Efecto de la canela sobre la muda, supervivencia y oviposición de *Rhodnius prolixus*”, se presentan los resultados de un estudio que deja abierta la posibilidad de utilizar la canela en el control de vectores de la enfermedad de Chagas. Así mismo, el artículo “Programa de capacitación para el control de *Achatina Fulica* (*Gastropoda: Achatinaceae*) en la comunidad de Guatacaral, Parroquia San Juan, Estado Sucre, Venezuela” realiza aportes a la elaboración de un programa para el control del caracol africano gigante en comunidades rurales, para generar competencias locales en el control de esta plaga. Adicionalmente, en el trabajo “Abundancia y distribución de tallas de *Nerita Fulgurans* en el biotopo rocoso del sector El Monumento, Cumaná, Edo. Sucre, Venezuela” se exponen los resultados de un estudio sobre la población de *Neritidae* que puede contribuir con el reconocimiento de los factores ecológicos de la región.

En el campo del desarrollo tecnológico se presentan dos aportes importantes para la atención de las necesidades humanas en medicina. En “Algoritmo de bajo costo de procesamiento para la Detección de Potenciales Tardíos Ventriculares (PTV)” se expone el desarrollo de un algoritmo en plataforma de software libre, como herramienta para la detección de anomalías en la señal electrocardiográfica, lo cual representa un aporte a la detección de enfermedades cardiovasculares. En paralelo, el trabajo titulado “Algoritmo de Procesamiento del EEG para la detección de los estados del Sueño” formula una técnica de procesamiento de la señal electroencefalográfica en software libre, la cual aporta al estudio de los parámetros involucrados en los estados de sueño.

Hacia el cierre de esta sección, se presentan dos trabajos que se proponen la aplicación de conocimientos especializados en áreas diversas. El artículo “Predicción de epítopos consenso de células B en el virus de la influenza H5N1” se presenta un estudio que podría ayudar a diseñar nuevas vacunas para combatir el virus de la gripe. En paralelo, el trabajo “Derivación de la función del corrimiento hacia el rojo en agujeros de gusano del tipo Morris-Thorne estabilizados con energía fantasma” se expone una forma de determinación de las condiciones mencionadas como aporte a la exploración de los límites físicos de la humanidad.

En la sección *Ensayos sobre la Creación de Conocimientos* se incorporan varios artículos que nos introducen en las disciplinas que se aproximan al ser humano en su relación con el entorno ambiental y social. El ensayo “Educación Ambiental Eco-Sistémica: Conocimiento y Realidad desde una percepción onto-epistemológica” se fundamenta en la teoría sistémica para exponer una propuesta de estrategia de educación ambiental. El ensayo “La alimentación y la nutrición. Referentes de identidad social y patrimonio cultural” presenta un conjunto de reflexiones sobre estos temas desde una perspectiva sociocultural, destaca ciertas amenazas para la identidad alimentaria y abre el campo para proponer de acciones educativas.

Luego, en la sección *Experiencias de conocimiento libre*, el ensayo “Las concepciones en la enseñanza y aprendizaje de las ciencias naturales ¿ayudan o entorpecen?” presenta una reflexión sobre el papel de ciertos conceptos epistémicos en el proceso de enseñanza y aprendizaje de las ciencias naturales.

En la sección de *Reseñas*, vuelve a aparecer un tema que no deja de tener vigencia para un proyecto editorial con pertinencia, como lo es la definición de la Modernidad desde la perspectiva de América y la geopolítica del conocimiento. En esta oportunidad volvemos a leer “1492: el encubrimiento del otro. Hacia el origen del mito de la modernidad” de Enrique Dussel. Finalmente se presenta la sección de *Boletín* con una reseña de la participación de CENDITEL en el evento conocido como “Venezuela Digital”.

Santiago Roca
Comité Editorial
Revista Conocimiento Libre y Licenciamiento

Artículos sobre Creación del Conocimiento



Características físico-químicas de granos de cacao de los estados Aragua, Mérida, Miranda y Zulia de la República Bolivariana de Venezuela

Racely E. Sánchez G.¹, Pablo García L.¹, Satfel Dugarte², Deith Mendoza²,
Carlos Rivas-Echeverría³

Postgrado de Biotecnología de Microorganismos, Laboratorio BIOMI - Sixto David Rojas.

Facultad de Ciencias Biológicas, ULA¹

Mérida, Venezuela

Instituto Nacional de Investigaciones Agrícola (INIA). Campo Experimental San Juan de Lagunillas²

Mérida, Venezuela

Departamento de Farmacoterapéutica. Facultad de Farmacia, ULA³

Mérida, Venezuela

racelysanchez@gmail.com, satfeldugarte@hotmail.com, rivasecheverria@gmail.com

Fecha de recepción: 08/06/2016

Fecha de aceptación: 31/03/2017

Pág: 2 – 15

Resumen

Se determinaron las características físicas y químicas de los granos de cacao provenientes de los estados Aragua (Chuao), Mérida (Tucaní), Miranda (Tapipa), y Zulia (vía Santa Bárbara) de la República Bolivariana de Venezuela. Cada cacaotera de los cuatro estados llevó a cabo la fermentación según metodología propia, y se obtuvo variabilidad en los resultados, destacándose los granos Criollos del Estado Zulia como los de mayor volumen (1,76 cm³), acidez (6,15 mg/g de muestra), pH (5,24) y grasas (66,7 %) en granos tostados; mientras que los de mayor índice de almendras (1,39 g), testa (19,47 %) y humedad (5,10 %) fueron los granos del estado Aragua. La variabilidad en los resultados es debido a la variabilidad genética, factores climáticos de cada localidad, y las diferentes técnicas de fermentación y secado aplicadas; aun así, el porcentaje de fermentación y humedad fue buena en todos los granos. Los parámetros estudiados son considerados por los fabricantes de productos chocolateros al momento de seleccionar los granos de cacao, en virtud de obtener productos de calidad y a menor costo de procesamiento.

Palabras clave: fermentación, secado, tostado, acidez, grasas, humedad, índice de almendra, testa, *Theobroma cacao*.

Introducción

Venezuela aporta al Mercado Mundial baja cantidad de granos de cacao, pero forma parte de un reducido y exclusivo grupo de productores de cacao fino de aroma, que es el más apreciado del Mercado; y el que está en permanente déficit de producción. La calidad del cacao venezolano ha sido reconocida internacionalmente durante siglos, hasta convertirse, varios de sus tipos, en sinónimo de máxima calidad; tales como Chuao y Porcelana [1].

Las plantas de cacao pertenecen al género *Theobroma* de la familia *Malvaceae*, en la cual de las 22 especies conocidas de *Theobroma*, la única que se cultiva con miras a la producción industrial y comercial es el *Theobroma cacao L.* [2, 3]. La fermentación de semillas de cacao es de gran importancia en la contribución a la calidad del chocolate y numerosos estudios están siendo conducidos por diferentes países para determinar los procedimientos adecuados de post-cosecha (fermentación, secado, tostado) y especies microbianas asociadas con este proceso para obtener granos de cacao de calidad, que al convertirlo en chocolate, sea agradable al olfato y al paladar [4, 5, 6, 7].

Los fabricantes de chocolate, para la selección de granos de calidad, toman en cuenta características físicas y químicas; tales como: el tamaño del grano, el porcentaje de cáscara, contenido de grasa, dureza de la manteca, acidez, humedad y el sabor final del grano. Estos parámetros son frecuentemente monitoreados por los fabricantes en los granos de cacao después de la fermentación, secado y tostado para evitar sabores extraños ocasionados por mohos, el humo, la acidez y la astringencia, que afectan la calidad final del producto [6, 8].

En la práctica, los métodos de fermentación varían mucho de una zona productora a otra; por el tipo de fermentador [9], el cual pueden ser cajas de madera, saco de yute, tinas plásticas, en montón y el tiempo de fermentación el cual varían entre tres a siete días [9, 10, 11]. El secado por lo general es al sol, y no se rigen por ningún protocolo sino por las costumbres de los agricultores y la disponibilidad de infraestructura para su ejecución. Sin embargo, el buen sabor y aroma no solo depende de la manera como se realice el proceso de la fermentación, secado y tostado, sino además de la variedad del árbol de cacao que proporciona los granos [12, 13, 14, 15].

Con el propósito de comparar los perfiles de calidad de diferentes granos de cacao provenientes de diferentes cacaoteras de la República Bolivariana de Venezuela, el presente estudio describe las características físico-químicas de granos de cacao sin fermentar, fermentados y tostados de cacaoteras ubicadas en Chuao del estado Aragua, Tucaní del estado Mérida, Tapipa del estado Miranda y vía a Santa Bárbara del estado Zulia.

Metodología

Se utilizaron 1000 g de muestras de granos de cacao sin fermentar, fermentados y tostados, provenientes de cuatro estados de la República Bolivariana de Venezuela, en donde se producen granos de cacao. Las localidades de donde provienen son: Chuao del estado Aragua (Empresa Campesina Chuao) cuyas coordenadas geográficas son 10°29'36" N, 67°31'38" W, altitud 254 msnm, temperatura media anual 25,5°C; Tucaní del estado Mérida (Finca Pedregal) a

80°34'45" N, 71°13'30" W , 170 msnm, 25°C; Tapiwa del estado Miranda, a 10°13'14.1" N, 66°17'57.5" W, 38 msnm, 28 °C; Santa Bárbara del estado Zulia, a 8°43'27" N, 71°44'33" W, 50 msnm, 28°C.

Las muestras fueron fermentadas según la costumbre de cada cacaotera, descritas a continuación: (1) Estado Aragua (Empresa Campesina Chuao), cosecha y proceso de fermentación realizada en el mes de agosto del año 2013, árbol de variedad Chuao. Fermentación fue llevada a cabo por 7 días, con volteo cada 48 horas de la masa fermentativa, en cajones de madera tipo cidra, de dimensiones aproximadas de 2,30 × 1,40 × 1 m, dentro de una instalación cerrada destinada para fermentación, donde la temperatura de 29°C permanecía constante. El secado fue llevado a cabo de manera natural (sol) y extendido sobre el suelo, el cual posee grados de rugosidad característicos destinados para dicho fin, (2) Estado Mérida (Finca Pedregal), cosecha y proceso de fermentación realizada en el mes de mayo del año 2014, árbol de variedad Híbrido (Sur del Lago). Fermentación fue llevada a cabo por 5 días, con volteo diario de la masa fermentativa, en cajones de madera, de dimensiones aproximadas de 0,95 × 0,56 × 72 m, ubicadas en una instalación de techos de zinc donde las temperaturas fluctúan según la temperatura ambiental. (3) Estado Miranda, cosecha y proceso de fermentación realizada en el mes de junio de 2013, árbol de variedad Híbrido. Fermentación fue llevada a cabo por 7 días, con volteo diario de la masa fermentativa, en cajones de madera, de dimensiones aproximadas de 0,70 × 0,60 × 0,65 m, dentro de un galpón amplio y cerrado. (4) Estado Zulia, específicamente Caserío km 41, Estación Corpozulia, cosecha y proceso de fermentación realizada en el mes de julio del año 2014, árbol de variedad Porcelana. Fermentación fue llevada a cabo por 3-4 días, con volteo diario de la masa fermentativa, en cajones de madera tipo roble, de dimensiones aproximadas de 0,57 × 0,55 × 0,53 m, dentro de un galpón con techo de zinc destinada para la fermentación. Las masas fermentativas de todas las regiones evaluadas fueron cubiertas con hojas de plátano. El proceso de tostado de todas las muestras fue realizado en el INIA-Lagunillas del estado Mérida, a una temperatura de 110°C por 25 min, en estufa Marca Fisher Scientific® Modelo 1022 West Jackson BLVD Chicago ILO 60607-2990.

Los parámetros físicos registrados fueron el tamaño de los granos (largo, ancho, espesor, volumen), peso de 100 almendras, índice de almendra (IA), número de almendras en 100 g, porcentaje de testa (Pt), por el método descrito por Stevenson (1993) [16], el porcentaje de fermentación por la norma N°50 [17] Y N°442 [18] y entre las características químicas, el pH de testa y cotiledón, acidez volátil titulable, y de grasa por el método descrito por [16], en granos no fermentados, fermentados secos y tostados. Para determinar los porcentaje de humedad de los granos de cacao se tomaron muestras de 100 granos de cacao no fermentados, fermentados y tostados, por triplicado, y se midió la humedad en Equipo Multigrain, Manufactures by Dickey-John Corporation Auburn, Illinois, VS1, Modelo 462331247.

Luego de tomar las dimensiones del grano se calculó el diámetro promedio de cada grano (Dg) utilizándose la ecuación 1 [19]

$$Dg = \sqrt[3]{LAE} \quad (1)$$

Donde: L , A y E , son las dimensiones ortogonales de largo, ancho y espesor promedio de los granos respectivamente.

El cálculo del volumen de la semilla se realizó mediante la ecuación del volumen del casquete, cuya forma geométrica se asemeja a la de un cotiledón. El volumen multiplicado por 2 es el volumen del grano (V_g), ecuación 2.

$$V_g = 2\pi h^2(Rh/3) \quad (2)$$

Donde: h es la altura del casquete, y en el caso del presente estudio se tomó como el espesor del grano y R es el radio.

El análisis estadístico de los resultados de los promedios de 3 repeticiones, se realizó bajo el paquete estadístico IBM SPSS Statictics versión 22.0.

Resultados y discusión

En el presente estudio se encontraron variabilidad en las características de los granos seleccionados de cada estado, debido a la heterogeneidad en el genotipo de los granos, como los granos de variedad Chuao del estado Aragua, granos Criollos Porcelana del estado Zulia, Híbridos de Porcelana del estado Mérida, y Híbridos del estado Miranda.

Prueba de corte (% de fermentación):

Los granos de cacao de todos los estados manifestaron buenos porcentajes de fermentación (84-99 %), siendo menor en los granos del estado Aragua, y mayor en los granos del estado Miranda y Zulia; con coloración típica de granos fermentados de color pardo (Tabla 1). Estos resultados son consistentes a los encontrados en otras investigaciones donde se registran grados mayores de fermentación al 80 % según la prueba de corte de calidad [8, 20, 21]. Este índice de fermentación está relacionado con las altas temperaturas alcanzadas durante los procesos fermentativos y la frecuencia de remoción [22, 23]. El desgrane de los granos en el estado Aragua fueron hechos el mismo día del comienzo de la fermentación, por lo que puede estar relacionado al menor porcentaje, ya que se obtiene un mayor índice de fermentación; es decir, un mayor número de granos secos de color pardo al retardar el desgrane post-cosecha [24].

Índice de almendra (IA), Peso de 100 gramos, peso de 100 almendras y porcentaje de testa o cascarilla de granos de cacao:

El índice de almendra de granos fermentados y secos, tiene gran importancia comercial; ya que es un parámetro tomado en cuenta para fijar el precio en el mercado de los granos. El precio directamente proporcional a su índice; es decir, mientras mayor índice de almendra, mayor será el precio en el mercado del mismo [20]. En el presente estudio el grano con mayor IA corresponde a los granos de variedad Chuao del estado Aragua (1,39) (Tabla 1). Con respecto al Pt, aunque

en diferentes estudios se ha establecido una relación inversa entre el IA con el porcentaje de testa (Pt) [16], en el presente estudio no se obtuvo una correlación entre ambas variables en las localidades estudiadas, ya sea directa e inversamente proporcional. Además, ni siquiera se obtuvó el Pt ya establecidas por IA, ya que se obtuvieron Pt superiores a los reportados por otros investigadores (13,57 – 19,47 %) [16, 25]. Estas diferencias pueden ser debido al origen de los cultivos, variedades de cacao de las zonas, proceso de beneficio utilizado y en especial el proceso de tostado [8, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32]. El tostado de los granos por encima de temperaturas de 100 °C durante tiempos comprendidos de 20–40 min, produce cierta migración de la manteca a la testa generando su pérdida [8, 21, 33]. Los granos del presente estudio fueron sometidos a estas condiciones de tostado, por lo que el % de Pt pudo influenciar en el contenido graso.

Tabla 1: Características físicas de las almendras de cacao fermentado, secado y tostado de los estados Aragua (Chuao), Mérida (Tucaní), Miranda (Tapipa) y Zulia (Vía Santa Bárbara). % de testa, % de fermentación, peso de 100 almendras, índice de almendras, número de almendras en 100 g.

Muestra	% de fermentación*	% de testa	Peso de 100 almendras (g)*	Índice de almendra*	Número de almendras en 100 g*
Edo. Aragua	90±3,2 a,b	19,47±0,6	138,93±12,6	1,39±0,13	97,00±34,8
Edo. Miranda	99±0,57 a	16,07±0,3	118±6,2	1,18±0,062	85,33±4,6
Edo. Zulia	99±0,56 b	13,57±0,4	117,50±8,1	1,18±0,081	91,33±4
Edo. Mérida	92±2,8 a,b	16,83±0,3	105,90±4	1,06±0,04	85,67±5,5

* Promedios seguido de la desviación estándar y letras distintas en la misma columna que señalan datos significativamente diferentes ($P < 0,05$)

El porcentaje de testa (Tabla 1), tiene gran significado en la industria, ya que no tiene ningún uso industrial y es un desecho del proceso para la obtención de productos; por lo que es un parámetro que determina la calidad de los granos de cacao, y varía de acuerdo con el genotipo del cacao en un 6 hasta 16 % [34]. El peso de 100 almendras obtenido (Tabla 1) estuvo dentro del rango para ser catalogados como cacao “Fino”, según las Normas COVENIN N°50 (100–120 g). Estos resultados son similares a los obtenidos en el estudio de granos de diferentes genotipos [23] considerándose como factores determinante de peso, la herencia genotípica de los granos, factores climáticos y fertilidad del suelo. La industria chocolatera exige como mínimo un peso de 1 gramo/semilla, característica que cumplieron todos los granos provenientes de diferentes zonas geográficas [23]; y se podría decir, en vista de los resultados, que hay un reflejo de la buena calidad de los suelos donde se cultivan los árboles de cacao de las diferentes localidades.

Tamaño del grano: Largo (L), ancho (A), espesor (E) y volumen (Vg):

El tamaño de las almendras es un parámetro tan importante en la industria como el IA; y está relacionado a los mismos factores ya mencionados [6, 35, 36]. Las dimensiones de las semillas variaron entre los tipos de cacao estudiados (Tabla 2) revelando características propias de cada semilla, siendo la más redondeadas los granos criollos del estado Zulia, y las más aplanas y alargadas los granos híbridos del estado Miranda. Los resultados de este estudio son similares a los obtenidos por otros investigadores, quienes señalan para las semillas de cultivares de cacaos criollos tamaños mayores a otras variedades, con dimensiones aproximadas de 2,40-2,42 cm de largo, 1,36 – 1,40 cm de ancho y 0,81-1,02 cm de espesor [20, 37, 38, 39], mientras que variedades forastero y trinitarios han mostrado dimensiones de 2,2-3,2 cm de largo, 1,1-3,6 cm de ancho y 0,6-1,3 cm de espesor [23, 36, 40].

Tabla 2: Características físicas de las almendras de cacao fermentado, secado y tostado de los estados Aragua (Chuao), Mérida (Tucaní), Miranda (Tapipa) y Zulia (Vía Santa Bárbara). Dimensiones de los granos.

Muestra	Tamaño del grano*			
	Largo (cm)	Ancho (cm)	Espesor (cm)	Volumen (cm ³)
Edo. Aragua	2,251±0,254 a,b	1,257±0,164 a,c	0,809±0,157 a	1,63±0,614 a,b
Edo. Miranda	2,408±1,960	1,174±0,128 a,b,c	0,772±0,132 a,b	1,47±0,618 a,b
Edo. Zulia	2,337±0,291 a,b	1,326±0,158 a,b,c	0,823±0,183 b,c	1,76±0,67 a
Edo. Mérida	2,13±0,34 b	1,29±0,15 c	0,82±0,19 c	1,65±0,59 a,b

* Promedios seguido de la desviación estándar y letras distintas en la misma columna que señalan datos significativamente diferentes (P <0,05)

El tamaño de la semilla es un carácter genético y por lo tanto heredable, que podría afectarse por su posición dentro del fruto. Pero por otra parte, los valores de las dimensiones promedio de las semillas de cacao están relacionados con el índice de hinchamiento de un cacao bien fermentado, ya que a medida en que se desarrolla el proceso fermentativo los granos aumentan de tamaño, y durante el proceso de secado disminuye nuevamente [23]. Con respecto a la homogeneidad, los granos de cacao de cada localidad fueron en general uniformes, presentando bajo índice de varianza entre las dimensiones promedio de los granos (valores no mostrados); importante característica, ya que mejora la eficiencia de limpieza, selección y clasificación del cacao durante el procesamiento en la fábricas chocolateras; ya que los equipos se basan en el tamaño uniforme de los mismos, para separar el material extraño que puedan estar mezclado con los granos, a través de métodos que implican la fuerza de gravedad, vibración o aspiración [41].

pH y acidez total titulable:

Con respecto a la acidez total titulable, representado en un 90 % por el ácido acético, fue de concentraciones entre 2,64 – 3,98 mg/g en muestras de granos no fermentados; y posteriormente

al proceso de fermentación, esta concentración aumentó a valores entre 7,23-13,74 mg/g. Esto fue debido a su producción por los microorganismos (bacterias ácido acéticas principalmente), durante la degradación de la pulpa, y su difusión dentro del cotiledón, aumentando su acidez; el cual se volatiliza en gran parte durante el secado y el tostado como es reflejado en este estudio, donde los niveles de acidez disminuyen a valores de 2,39 – 6,16 mg/g en el tostado (Tabla 3 y 4). El aumento de la acidez posterior a la fermentación y la disminución posterior al tostado es un reflejo de la calidad del proceso fermentativo. Los valores de acidez es un parámetro importante para la industria; ya que niveles altos de ácido altera la calidad final del producto y aumenta los costes de producción [42, 43, 44, 45]. En los valores de pH determinados tanto en testa como en el cotiledón, fueron variables entre los estados de donde provinieron y entre las distintas etapas del procesamiento del grano (no fermentado, fermentado y tostado); en los cuales se destacan los granos del estado Aragua como los granos con menor pH, y entre los de mayor pH los granos Criollos del estado Zulia, tanto pH de testa como cotiledón. En la Tabla 3, se muestra las relaciones estadísticamente significativas entre los pH de las diferentes localidades. Los valores promedio de pH determinados han sido concordante con otros estudios [21, 23, 33, 46]. La variabilidad entre los pH de los distintos granos está relacionado con la variabilidad genética del árbol, método de secado y acumulación de agua en los cotiledones. Los valores finales de pH en cotiledón, mayor o igual a 4,5 son favorables para la formación del aroma cacao; mientras que valores inferiores la perjudican. Estos datos pueden variar entre muestras tomadas en diferentes épocas y años de cosecha, encontrándose diferencias significativas en el valor de la acidez y pH [47, 48].

Tabla 3: Características físicas de las almendras de cacao fermentado, secado y tostado de los estados Aragua (Chuao), Mérida (Tucaní), Miranda (Tapipa) y Zulia (Vía Santa Bárbara). Dimensiones de los granos.

Muestra	Ph de testa*			Ph cotiledón*		
	No fermentados	Fermentados	Tostados	No fermentados	Fermentados	Tostados
Edo. Aragua	4,31 ± 0,1 a	5,11 ± 0,1 a	4,94 ± 0,02 a	6,16 ± 0,02 a	4,95 ± 0,01 a	4,85 ± 0,01 a
Edo. Miranda	5,06 ± 0,01 a,b	4,94 ± 0,03 b	5,44 ± 0,1 a,b	4,99 ± 0,01 a,b	4,72 ± 0,01 b	4,98 ± 0,01
Edo. Zulia	5,48 ± 0,03 a,b	5,53 ± 0,1 b,c	5,64 ± 0,01 a,c	6,16 ± 0,1 b,c	5,29 ± 0,05 a,b,c	5,24 ± 0,02 a
Edo. Mérida	5,53 ± 0,02 a,b	4,87 ± 0,02 a,c	5,17 ± 0,01 a,b,c	5,44 ± 0,1 a,c	4,97 ± 0,03 c	5,17 ± 0,01 a

* Promedios seguido de la desviación estándar y letras distintas en la misma columna que señalan datos significativamente diferentes ($P < 0,05$)

Porcentaje de grasas:

En este estudio el porcentaje de grasas varió a los reportados en otras literaturas (Tabla 5). El porcentaje de grasa osciló entre 28,3 – 47,6 % en granos fermentados y secos; y 38,3 – 66,7 % en granos fermentados y tostados. Los porcentajes más bajos correspondieron a los granos híbridos del estado Miranda, y los más altos de los granos criollos del estado Zulia. Los niveles altos en granos criollos ya han sido observados en otros estudios incluso a valores similares [21, 32, 49].

Tabla 4: Características químicas de las almendras de cacao no fermentado, fermentado y tostado de los estados Aragua (Chuao), Mérida (Tucaní), Miranda (Tapipa) y Zulia (Vía Santa Bárbara). Ph de testa y cotiledón, y acidez titulable.

Muestra	Acidez (mg CH ₃ COOH/g de muestra) ⁺		
	No fermentados	Fermentados	Tostados
Edo. Aragua	2,84	7,24	2,39
Edo. Miranda	3,59	8,89	4,69
Edo. Zulia	3,98	13,74	6,15
Edo. Mérida	2,65	13,29	3,42

⁺ Datos obtenidos sin triple repetición (no son datos promedios)

Con respecto, al resto de los porcentajes, estuvieron fuera del rango ampliamente reportado en diferentes investigaciones [6, 8, 33]; pero los obtenidos en los granos del Estado Zulia y Mérida, fueron cercanos a los resultados obtenidos en granos del Estado Miranda (46,27-45,42 %), en un estudio realizado por Lares y colaboradores [25]. Por otra parte, hubo diferencias entre el contenido de grasa en granos fermentados secos y los tostados, aunque no disminuyó como se esperaba, por las publicaciones revisadas [25]; a excepción de los granos del Estado Mérida (Tabla 5). La variabilidad en los datos obtenidos son atribuidos, como otras características físico-químicas, a los factores genéticos y ambientales [34]. Los fabricantes no solo prefieren los granos de mayor tamaño, para obtener menos porcentaje de cascarilla, sino también es un parámetro que afecta el rendimiento de grasa; ya que promedios menores de 1g, suministran bajos niveles de contenido graso. Como ya se indicó anteriormente, los tamaños de estos granos son mayores a 1 g, de los cuales se destacan los granos Criollos del estado Zulia como los más grandes y de mayor contenido graso [6, 21].

Humedad:

Se determinó el porcentaje de humedad de granos fermentados secos y tostados de cada estado, encontrándose porcentajes más bajos del 6 % (Tabla 5). El rango de humedad entre todos los estados fueron de 3,17 a 5,47% en granos fermentados y secos, convirtiéndolos en granos con prolongada vida de almacenamiento y más seguros de comercializar; ya que porcentajes por encima del 8 % tienden a adquirir malos olores y son susceptibles a ser atacados por mohos e insectos, perdiendo su valor comercial y la calidad intrínseca de los granos [2, 50]. Las diferencias de humedad entre las muestras de los diferentes estados, está relacionado con los cambios físicos-químicos durante el tiempo de secado al sol del grano de cacao fermentado. Por ejemplo, en el estado Aragua emplean secado en suelo (3,17 % de humedad en granos secos), y el resto en cajones de maderas retractiles mostrando valores de humedad superior en granos fermentados secos (4,67-5,47 %). Además, existen otros factores que diferencia los métodos de secado utilizados, como intervalo de remoción de la masa, condiciones climáticas imperantes

al exponer los granos al sol, y el número de días de secado; los cuales son dependientes de la temperatura ambiente, y de la velocidad del viento. El calor y el movimiento del aire contribuye a la remoción de la humedad y a la pérdida gradual y continua del agua [23, 45]. Estas diferencias no implican que el patio de cemento usado para el secado y la frecuencia de remoción de los granos tengan influencia significativa sobre otras características químicas, ni sobre el color del grano, pero afecta los porcentajes de cascarilla o testa, y en la cantidad de granos partidos y múltiples como se ha demostrado en otros estudios [51].

Tabla 5: Características químicas de las almendras de cacao no fermentado, fermentado y tostado de los estados Aragua (Chuao), Mérida (Tucaní), Miranda (Tapipa) y Zulia (Vía Santa Bárbara). Ph de testa y cotiledón, y acidez titulable.

Muestra	% humedad*		% grasa ⁺		
	Fermentados	Tostados	No fermentados	Fermentados	Tostados
Edo. Aragua	3,17 ± 0,1	5,10 ± 0,5	41,7	35	43,3
Edo. Miranda	4,67 ± 0,2	5,00 ± 0,4	38,3	28,3	38,3
Edo. Zulia	5,47 ± 0,5	4,97 ± 0,3	45,0	47,6	66,7
Edo. Mérida	5,40 ± 0,3	4,97 ± 0,5	41,7	43,3	38,3

* Promedios seguido de la desviación estándar. Todos las variables de las columnas son significativamente diferentes ($P < 0,05$);

+ Datos obtenidos sin triple repetición (no son datos promedios)

Conclusión

Los granos de cacao de los cuatro estados de Venezuela manifestaron buenos porcentajes de fermentación a pesar de las diferencias en el genotipo de los granos, medio ambiente y métodos de fermentación, secado y tostado. La humedad de todos los granos estuvo por debajo de 6% siendo seguros para el almacenamiento por largo tiempo. El porcentaje de testa fue directamente proporcional al IA, el porcentaje de grasas y tamaño del grano. El cacao criollo manifestó mayor tamaño, porcentaje de grasas, pH mayores e índice de acidez mayor. Todas las variedades estudiadas en el presente estudio tienen pesos por encima de 1 g, cumpliendo con los parámetros de selección como grano de calidad y preferido por fabricantes de productos derivados de cacao. Las características físico-químicas aquí estudiadas, corroboran la importancia comercial de los granos de cacao venezolanos y su ubicación dentro de grupos exclusivos de cacao fino como reflejo de alta calidad.

Agradecimientos

FONACIT – Ministerio del Poder Popular para Ciencia, Tecnología e Innovación; INIA-Lagunillas; INIA-Miranda; Empresa Campesina de Chuao, Ysora Chávez; Corporación

Socialista de Cacao Venezolano; Consejo de Desarrollo Científico, Humanístico, Tecnológico (CDCHT-ULA) por el financiamiento del Proyecto de Código C-1793-12-03-B; Centro de Investigaciones del Estado para la Producción Experimental Agroindustrial (CIEPE); Centro Socialista de Investigación y Desarrollo del Cacao CESID – Cacao CORPOZULIA; Ing. Mariño Gutiérrez; Ing. José Marrufo; Dr. Clímaco Álvarez; Lic. Joel Navarro; Ing. Iraima Chacón.

Bibliografía

- [1] Pinto, J. (2000). *Calidad y Certificación del cacao venezolano*. Foro “Denominación del Origen y Certificación de calidad”, I Congreso Venezolano del Cacao y su Industria, Universidad Nacional Experimental Simón Rodríguez, Instituto de Estudios Científicos y Tecnológicos (IDECYT), Maracay, Venezuela, Febrero (p. 152).
- [2] Reyes, H. y Reyes, C. (2000). *El cacao en Venezuela*, Moderna Tecnología para su cultivo, 1ra. Ed., Chocolates El Rey, Caracas, Venezuela, pp. 50.
- [3] Stevens, P. (2001). *Angiosperm Phylogeny Website*, disponible en <http://www.mobot.org/MOBOT/research/APweb>.
- [4] Pinzon, J., Ardila, J. y Rojas, F., (2008). 2da. Ed., *Guía Técnica para el cultivo del cacao*, 3ra. Ed. FEDECACAO, Valle del Cauca, Colombia, pp. 152.
- [5] Cros, E. (2000). *Factores condicionantes de la calidad del cacao*. Memorias del I Congreso del Cacao y su Industria, 15 de Febrero, Maracay, Estado Aragua, Venezuela, pp. 16–32.
- [6] Centro de Comercio Internacional UNCTAD/GATT. (1991). Manual De Productos Básicos. 1ra. Ed. *Cacao Fino o de Aroma. Estudio de la producción y el comercio mundial*. Ginebra. Suiza, pp. 60.
- [7] Ardhana, M. y Fleet, G. (2003). The microbial ecology of cocoa bean fermentations in Indonesia. *International Journal of Food Microbiology*, 86:87–99.
- [8] Álvarez, C., Pérez, E. y Lares, Y. (2007). Caracterización física y química de almendras de cacao fermentadas, secas y tostadas cultivadas en la región de Cuyagua, Estado Aragua. *Agronomía Tropical*, 57(4):249-256.
- [9] Grazziani de Fariñas, L., Ortiz de Bertorelli, L. y Parra, P. (2003). Características químicas de la semilla de diferentes tipos de cacao de la localidad de Cumboto, Aragua. *Agronomía Tropical*, 53(2):1–11.
- [10] Afoakwa, E., Paterson, A., Fowler, M. y Ryan, A. (2008). Flavor Formation and Character in Cocoa and Chocolate, A Critical Review. *Critical Reviews in food science and nutrition*, 48:840–857.

- [11] Baker, D., Tomlins, K. y Gay, C. (1994). Survey of Ghanaian cocoa farmer fermentation practices and their influence on cocoa flavor. *Food Chemical*, 51:425–431.
- [12] Martelli, H. (1955). Fermentacão do cacao II, 1ra. Ed., *Índices de contrôle, Arquivos de Fermentação*. vol.1, pp. 87–95.
- [13] Martelli, H. (1955). Fermentacão do cacao II, 1ra. Ed., *Influência da temperatura e do pH, Arquivos de Fermentação*, vol. 1, pp. 97–102.
- [14] Rigel, L. (2005). Procesamiento del cacao para la fabricación de chocolate y sus subproductos. *Revista de difusión de tecnología agrícola, pecuaria, pesquera y acuícola*, 6:2–4.
- [15] Forsyth, W. y Quesnel, V. (1963). The mechanism of cacao curing. *Advances in Enzymology and Related Areas of Molecular Biology*, 25:457–492.
- [16] Stevenson, C., Corven, J. y Villanueva, G. (1993). *Manual para el análisis de cacao en el laboratorio*. IICA. PROCACAO, Costa Rica, pp. 65.
- [17] Comisión Venezolana de Normas Industriales (COVENIN). (1995). *Granos de cacao, Prueba del Corte. Norma Venezolana N°442, 1ra. Revisión*. Fondo Norma, Caracas, Venezuela.
- [18] Comisión Venezolana de Normas Industriales (COVENIN), *Granos de cacao, Prueba del Corte. Norma Venezolana N°50, 1ra. Revisión*. Fondo Norma, Caracas, Venezuela.
- [19] ASAE, American Society of Agricultural Engineers. (1986) 33rd, Ed. *ASAE Standards S319.1: Method of determining and expressing fineness of feed material by sieving*. MD, EE. UU., pp. 461.
- [20] Angulo, J., Graziani, L., Ortiz, L. y Parra, Y. (2001). Caracterización Física de la semilla de cacao criollo forastero amazónico y trinitario de la localidad de Cumboto, Estado Aragua. *Agronomía Tropical*, 51(2):203–219.
- [21] Zambrano, A., Romero, C., Gómez, A., Ramos, G., Lacruz, C., Brunetto, Mm., Máximo, G., Gutiérrez, L. y Delgado, Y. (2010). Evaluación química de precursores de aroma y sabor del cacao criollo merideño durante la fermentación en dos condiciones edafoclimáticas. *Agronomía Tropical*, 2(60).
- [22] Portillo, E., Graziani de Fariñas, L. y Betancourt, E. (2005). Efecto de los tratamientos post-cosecha sobre la temperatura y el índice de fermentación en la calidad del cacao criollo Porcelana (*Theobroma cacao L.*) en el sur del Lago de Maracaibo. *Revista de la Facultad de Agronomía (LUZ)*, 22:394–406.

- [23] Álvarez, C., Tovar, I., García, H., Morillo, F., Snahce, P., Giron, C. y de Farias, A. (2010). Evaluación de la calidad comercial del grano de cacao (*Theobroma cacao L.*) usando dos tipos de fermentadores. *Revista científica UDO Agrícola*, 10(1):76–87.
- [24] Torres, O., Graziani de Fariñas, L., Ortiz de Bertorelli, L. y Trujillo, A. (2004). Efecto del tiempo transcurrido entre la cosecha y el desgrane de la mazorca del cacao tipo forastero de Cuyagua sobre las características del grano en fermentación. *Agronomía tropical*, 54(4):481–495.
- [25] Lares, M., Gutiérrez, R., Pérez, E. y Álvarez, C. (2012). Efecto del tostado sobre las propiedades físicas, fisicoquímicas, composición proximal y perfil de ácidos grasos de la manteca de granos de cacao del Estado Miranda, Venezuela. *Revista Científica UDO Agrícola*, 12(2):439-446.
- [26] Marcano, M. (2009). Formación del aroma del cacao Criollo (*Theobroma cacao L.*) en función del tratamiento poscosecha en Venezuela. *Revista UDO Agrícola*, 9(2):458–468.
- [27] Rodríguez, P., Pérez, E. y Guzmán, R. (2009). Effect of the types and concentrations of alkali on the color of cocoa liquor. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 89:1186–1194.
- [28] Lares, M. (2006). *Evaluación del perfil de ácidos grasos en la manteca de cacao de Chuao en diferentes etapas del beneficio*. Trabajo de Ascenso para Profesor Asistente, Escuela de Nutrición y Dietética, Facultad de Medicina, Universidad Central de Venezuela, pp. 110.
- [29] Lares, M. (2007). *Diferenciación, caracterización y composición lipídica de la manteca extraída del cacao en dos de los procesos poscosecha*. Tesis Doctoral. Postgrado Interfacultades en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Facultad de Ciencias, Universidad Central de Venezuela, pp. 38.
- [30] Guzmán, R. (2007). *Evaluación de los cambios ocurridos durante el beneficio del cacao (*Theobroma cacao L.*) a través de parámetros morfo-anatómicos, fisicoquímicos y nutricionales*. Tesis de Maestría, Postgrado Inter-facultades en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Facultad de Ciencias, Universidad Central de Venezuela, pp. 73.
- [31] De Brito, E., García, N., Gallao, M., Cortelazzo, A., Fevereiro, P. y Braga, M. (2000). Structural and chemical changes in cocoa (*Theobroma cacao L.*) during fermentation, drying and roasting. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 81(2):281–288.
- [32] Liendo, R., Padilla, F. y Quintana, A. (1997). Characterization of cocoa butter extracted from Criollo cultivars of *Theobroma cacao L.* *Food Research International*, 30(9):727–731.
- [33] E. Pérez, E., Álvarez, C. y Lares, M. (2002). Caracterización físico y química de granos de cacao fermentado seco y tostado de la región de Chuao. *Agronomía Tropical*, 52(2):161–172.

- [34] Reyes, H., Vivas, J. y Romero, A. (1999). La calidad en el cacao I. Factores determinantes de la calidad, in *FONIAP DIVULGA N°. 61, Maracay, INIA: Revistas técnicas*:270.
- [35] Bradeau, J. (1970). *El cacao. Técnicas agrícolas y producciones tropicales*. 1ra. Ed. Barcelona, España, pp. 297.
- [36] Enríquez, G. y Soria, J. (1968). The variability of certain bean characteristics of cacao (*Theobroma cacao L.*). *Euphytica*, 17(4):114-120.
- [37] Ortiz de Bertonelli, L. y Graziani de Fariñas, L. (1995). *Caracterización física y química de genotipos de cacao del estado Aragua, Maracay, Venezuela*. Instituto de química y tecnología, Universidad Central, Facultad de Agronomía, pp. 15.
- [38] Sánchez, A. y Tortolero, L. (1996). *Caracterización y establecimiento de un banco de germoplasma de cacao criollo en el litoral Aragüeño*. Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias (FONAIAP), Estación Experimental del Estado Miranda, pp. 25.
- [39] García-Alamilla, P., González-Lauck, V., De la Cruz-Lázaro, E., Lagunes-Gálvez, I. y García-Alamilla, R. (2012). Description and Physical properties of Mexican criollo cacao during post- harvest processing. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 13(1):58–65.
- [40] Bekele, F., Kennedy, A., David, C., Lauckner, F. y Bekele, I. (1994). Numerical taxonomic studies on cocoa (*Theobroma cacao L.*) in Trinidad. *Euphytica*, 75(39):231.-240.
- [41] Wollgast, J. y Anklam, E. (2000). Review on polyphenols in *Theobroma cacao*: Changes in composition during the manufacture of chocolate and methodology for identification and quantification. *Food Research International*, 33:423–447.
- [42] Luna, F. Crouzillat, D., Cirou, I. y Buchelli, P. (2002). Chemical composition and flavor of Ecuadorian cocoa liquor. *Journal of Agriculture and Chemistry*, 50:3527–3532.
- [43] Serra, J. y Ventura, F. (1997). Parameters affecting the quality of processed cocoa powder: acidity fractionh. *Z Lebensm Unters Forsch A.*, 204:287–292.
- [44] Nogales, J., Graziani de Fariñas, L. y Ortiz de Bertorelli, L. (2006). Cambios físicos y químicos durante el secado al sol del grano de cacao fermentado en dos diseños de cajones de madera. *Agronomía tropical*, 56(1):5–20.
- [45] Jinap, S. y Dimick, P. (1994). Effect of drying on acidity and volatile fatty acids content of cocoa beans. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 65:67–75.
- [46] Portillo, E., Labarca, M., Graziani, L., Cros, E., Assemat, S., Davrieux, F. y Boulager, R. (2011). Influencia de las condiciones del tratamiento poscosecha sobre la temperatura y acidez en granos de cacao Criollo (*Theobroma cacao L.*). *Revista de la Facultad de Agronomía (LUZ)*, 28(1):646–660.

- [47] Portillo, E. y Portillo, A. (2012). La producción de cacao en el estado Zulia: impacto socioeconómico en los cacaocultores. Ruta del Chocolate. *World Cocoa Foundation*, 28(68):303–323.
- [48] Portillo, A., Portillo, E., Arenas, L., Rodríguez, B. y Chacón, I. (2014). Efecto del año y tiempo de fermentación sobre las características químicas del cacao Porcelana. *Revista de la Facultad de Agronomía (LUZ)*, 1:699–711.
- [49] Ortiz de Bertonelli, L. Graziani de Fariñas, L. y Gervaise, R. (2009). Evaluación de varios factores sobre caracterización químicas del granos de cacao en fermentación. *Agronomía Tropical*, 59(1):73–79.
- [50] Bradley, R. (2003). *Moisture and Total Solids Analysis*. 3rd, Ed., Food Analysis, Hardcover, USA, pp. 119.
- [51] Ortiz de Bertorelli, L., Camacho, G. y Graziani de Fariñas, L. (2004). Efecto del secado al sol sobre la calidad del grano fermentado de cacao. *Agronomía tropical*, 54:31–43.

Porcentaje de Fermentación de granos de cacao de los estados Aragua, Mérida, Miranda y Zulia de la República Bolivariana de Venezuela

Racely E. Sánchez G¹ Pablo García L.¹, Satfel Dugarte² Deith Mendoza² Carlos Rivas-Echeverría³

Postgrado de Biotecnología de Microorganismos, Laboratorio BIOMI - Sixto David Rojas
Facultad de Ciencias Biológicas, ULA¹
Mérida, Venezuela

Instituto Nacional de Investigaciones Agrícola (INIA), Campo Experimental San Juan de Lagunillas²
Mérida, Venezuela

Departamento de Farmacoterapéutica Facultad de Farmacia, ULA³
Mérida, Venezuela

racelysanchez@gmail.com, satfeldugarte@hotmail.com, rivasecheverria@gmail.com

Fecha de recepción: 08/06/2016

Fecha de aceptación: 31/03/2017

Pág: 16 – 25

Resumen

En el presente estudio, se determinaron los porcentajes de fermentación de los granos de cacao proveniente de los estados Aragua, Mérida, Miranda y Zulia de la Rep. Boliv. de Venezuela, según la metodología propuesta por las Normas COVENIN N°50, 442 y el Manual para el Análisis de Cacao en el Laboratorio; en el cual se utiliza la prueba de corte, junto a otras características físicas, como la presencia de granos múltiples, germinados, mohosos, partidos, planos, pizarrosos y negros, que influyen en la clasificación de los granos de cacao en la escala de calidad. La calidad de los granos de cacao fueron clasificados en el presente estudio, como fino (estados Mérida y Aragua) y extra fino (Miranda y Zulia). A pesar de las diferencias geográficas, climatológicas, variedad del árbol, métodos de fermentación y secado, éstos no influyeron en la excelente calidad de los granos de cacao Venezolanos desde el punto de vista del grado de fermentación y peso del grano, siendo éste un parámetro, muy importante dentro de las normas de clasificación del cacao para su comercialización o su distribución (Reyes y De Reyes, 2000), siendo una fuente de granos muy codiciados por los fabricantes de productos chocolateros a nivel internacional.

Palabras clave: prueba de corte, fermentación, cacao, pizarroso, criollo, trinitario forastero, edafoclimático.

Introducción

Los granos de cacao, son obtenidos a partir de los frutos de los árboles del género *Theobroma*, pertenecientes a la familia *Malvaceae*, de la cual, la única que se cultiva con miras a la producción industrial y comercial es el *Theobroma cacao Linneus* [1] [2]. El nombre Thebroma para el fruto fue asignado inicialmente por Linneo y significa Alimento de Los Dioses, y procede del griego “Theos” que significa “Dios” y “broma” que significa “alimento”, inspirado seguramente en el papel que tenía el cacao en la sociedad azteca [3].

Los productos chocolateros fabricados a partir de los granos de cacao, son muy apreciados a nivel mundial, y actualmente, el grupo de productores de cacao fino lo conforman solo 17 países, destacándose entre ellos, Ecuador con el 75 % de su producción total y Venezuela (IICO, 1996-2006). Desde hace más de 100 años, se tiene en claro, la importancia de la fermentación de las semillas de cacao para la obtención de chocolates y otros productos con aromas y sabores de calidad.

Existen diferentes tipos de variedades de la planta de cacao (*Theobroma cacao*), la principal es el criollo o cacao dulce, el más susceptible a las enfermedades; el Forastero de la región de las Amazonas y un híbrido denominado Trinitario, conformando estos dos el mayor porcentaje del mercado mundial de cacao, además del Arriba Nacional, que crece en Ecuador con un fino aroma [4]. Los frutos maduros (vainas) sobresalen directamente del tallo del árbol de cacao, son gruesas, arrugadas y contiene de 30 a 40 semillas. Cada semilla consiste en dos cotiledones y un embrión rodeado de una cubierta (testa) y estos a su vez envueltos de una pulpa mucilaginosa, dulce y blanca que comprende el 40 % del peso de la semilla fresca [5].

Antes de usarse el cacao para producir chocolate y otros derivados, las semillas deben someterse a un proceso de curado llamado fermentación, seguido por el secado y tostado. Los granos del cacao puro tienen un gusto astringente y desagradable, razón por la cual tienen que ser fermentados, secados y asado para obtener el sabor y aroma característico y deseado del cacao [6, 7, 8]. El método de fermentación varía considerablemente en sus prácticas de procesamiento en diferentes países y a su vez en cada finca o granja de los mismos [9]. Por ejemplo, el tiempo de duración de la fermentación suele depender de la variedad del árbol de cacao que provee las semillas. Si la semilla de cacao son de la variedad forastera o trinitaria el tiempo suele ser de 5-7 días, y si es criollo de 1-3 días aproximadamente [10]. Cuando los frutos maduros son cosechados, se les extrae las semillas y se acumulan en tanques, cajas, cestas o bandejas, en donde la fermentación comienza [6, 9]. A través de este proceso la temperatura de la masa alcanza 50 °C, el embrión de las semillas muere, y se induce la autolisis de los cotiledones. Durante la fermentación, la actividad microbiana conduce la formación de un rango de productos como el alcohol, ácido acético y otros ácidos orgánicos que difunden dentro de la semilla y causa su muerte [7, 11].

Al final de la fermentación, dentro de la semilla se encuentran formadas una serie de precursores del aroma producto de las transformaciones bioquímicas, como la liberación de sustancias polifenólicas, responsables del sabor, color y aroma inicial del chocolate, siendo este paso esencial en la obtención de un producto de valor. Sin embargo, el buen sabor y aroma

depende mucho de la variedad de cacao que proporciona los granos del cacao y de la manera como se realice el proceso de la fermentación y tostado [7, 11].

Una vez finalizado el proceso de fermentación se procede al secado a la luz del sol para reducir el contenido de humedad hasta un máximo de 8% y así evitar el crecimiento de hongos que dañen los granos de cacao durante su almacenamiento [12, 13]. Los granos secos son llevados a torrefacción o tostado lo cual genera la formación del sabor almendrado a partir de precursores formados en el proceso de la fermentación [14]. El proceso del tostado es llevado a cabo utilizando sol y/o calor artificial (hornos), que además dependiendo de la temperatura y tiempo aplicados del proceso, se obtienen diferentes resultados, es decir, la optimización de la temperatura y el tiempo es esencial para obtener productos de cacao de calidad [15]. Posteriormente al proceso del tostado, le siguen una cantidad de pasos (Alcalización, texturización y saborización) que conducen a la formación de los productos acabados como son: Licor de chocolate, chocolate en pasta, dulces con chocolates, cacao en polvo, chocolate para bebidas, manteca de cacao, y otros [16, 10].

El objetivo de la presente investigación es determinar el porcentaje de fermentación como índice de calidad, utilizando la prueba de corte, y en base a la Comisión Venezolanas de Normas Industriales (COVENIN) N°50 (1998) y 442 (1995) [17, 18], de granos de cacao fermentados en cuatro cacaoteras ubicadas en los estados Aragua, Mérida, Miranda y Zulia de la República Bolivariana de Venezuela, y determinar cómo afecta las diferencias climatológicas y geográficas, e incluso las metodologías de fermentación aplicada, en la calidad de los granos en cada estado.

Metodología

Se utilizaron 1000 g de muestras de granos de cacao sin fermentar, fermentados y tostados, provenientes de cuatro estados de la República Bolivariana de Venezuela, en donde se producen granos de cacao. Las localidades de donde provienen son: Chuao del estado Aragua (Empresa Campesina Chuao) cuyas coordenadas geográficas son 10°29'36"N, 67°31'38"W, altitud 254 msnm, temperatura media anual 25,5°C; Tucaní del estado Mérida (Finca Pedregal) a 80°34'45"N, 71°13'30"W , 170 msnm, 25°C; Tapipa del estado Miranda, a 10°13'14.1"N, 66°17'57.5"W, 38 msnm, 28°C; Santa Bárbara del estado Zulia, a 8°43'27"N, 71°44'33"W, 50 msnm, 28°C.

Las muestras fueron fermentadas según la costumbre de cada cacaotera, descritas a continuación: (1) Estado Aragua (Empresa Campesina Chuao), cosecha y proceso de fermentación realizada en el mes de agosto del año 2013, árbol de variedad Chuao. Fermentación fue llevada a cabo por 7 días, con volteo cada 48 horas de la masa fermentativa, en cajones de madera tipo cidra, de dimensiones aproximadas de 2,30x1,40x1 m, dentro de una instalación cerrada destinada para fermentación, donde la temperatura de 29°C permanecía constante. El secado fue llevado a cabo de manera natural (sol) y extendido sobre el suelo, el cual posee grados de rugosidad característicos destinados para dicho fin. (2) Estado Mérida (Finca Pedregal), cosecha y proceso de fermentación realizada en el mes de mayo del año 2014, árbol de variedad Híbrido (Sur del Lago). Fermentación fue llevada a cabo por 5 días, con volteo diario de la masa

fermentativa, en cajones de madera, de dimensiones aproximadas de $0,95 \times 0,56 \times 72$ m, ubicadas en una instalación de techos de zinc donde las temperaturas fluctúan según la temperatura ambiental. (3) Estado Miranda, cosecha y proceso de fermentación realizada en el mes de junio de 2013, árbol de variedad Híbrido. Fermentación fue llevada a cabo por 7 días, con volteo diario de la masa fermentativa, en cajones de madera, de dimensiones aproximadas de $0,70 \times 0,60 \times 0,65$ m, dentro de un galpón amplio y cerrado. (4) Estado Zulia, específicamente Caserío km 41, Estación Corpozulia, cosecha y proceso de fermentación realizada en el mes de julio del año 2014, árbol de variedad Porcelana. Fermentación fue llevada a cabo por 3-4 días, con volteo diario de la masa fermentativa, en cajones de madera tipo roble, de dimensiones aproximadas de $0,57 \times 0,55 \times 0,53$ mts, dentro de un galpón con techo de zinc destinada para la fermentación. Las masas fermentativas de todas las regiones evaluadas fueron cubiertas con hojas de plátano. El proceso de tostado de todas las muestras fue realizado en el INIA-Lagunillas del estado Mérida, a una temperatura de 110°C por 25 min, en estufa Marca Fisher Scientific® Modelo 1022 West Jackson BLVD Chicago ILO 60607-2990.

La prueba de corte se realizó para determinar el porcentaje de fermentación, como parámetro de calidad del proceso fermentativo según la metodología propuesta por las Normas COVENIN N°50 (1998) Y 442 (1995) [17, 18] y el Manual para el Análisis de Cacao en el Laboratorio [19]. Los granos fermentados y secos provenientes de los diferentes estados del país se sometieron a esta prueba. Básicamente consistió en partir longitudinalmente 300 almendras tomadas al azar de cada lote de granos, y observar su interior. Luego fueron clasificadas como almendras bien fermentadas (cotiledones de coloración marrón o marrón rojiza); Almendras medianamente fermentadas (cotiledones de coloración medianamente marrón); Almendras violetas (porcentajes de granos con cotiledones de coloración violeta intenso); almendras pizarras (cotiledones de color gris negruzco y de aspecto compacto). Los granos fermentados y medianamente fermentados, se caracterizan por las grietas que poseen en su interior, mientras que las violetas y pizarras son más compactas (Fig. 1).



Figura 1: Prueba de corte.

El total de fermentación se obtuvo sumando los porcentajes de almendras bien fermentadas y medianamente fermentadas. Un buen porcentaje de fermentación oscila entre 80-100 % y son catalogados como cacao fino y extrafino. Además, se toman en cuenta otras características como la presencia de granos múltiples, germinados, mohosos, partidos, planos, pizarrosos y negros, que influyen en su clasificación en la escala de calidad (Tabla 1). Las definiciones y características de los granos aquí mencionados se encuentran en los Normas COVENIN N°50:1998 [17] y en el Manual para el Análisis de Cacao en el Laboratorio [19].

Tabla 1: Tipo de cacao. Requisitos. Normas COVENIN 50:1998.

Requisitos	Extra Fino	Fino de Primera	Fino de Segunda	Método de Ensayo
Granos mohosos	2 %	3 %	4 %	COVENIN 442
Granos partidos, dañados por insectos, planos, pizarrosos y negros	2 %	3 %	8 %	COVENIN 442
Granos germinados	2 %	3 %	6 %	COVENIN 442
Granos insuficientemente fermentados	5 %	20 %	80 %	COVENIN 442
Granos múltiples	2 %	5 %	7 %	COVENIN 442
Peso mínimo (g) de 100 granos	115	108	100	

El porcentaje de fermentación se utilizó para verificar la calidad del proceso fermentativo de cada localidad, debido a las diferencias observadas en las infraestructuras, geografía, medio ambiente, materiales, tiempo de fermentación y variedades de los árboles que brindaron los granos de cacao de cada estado. Los resultados son los promedios de 3 repeticiones, y el análisis estadístico se realizó bajo el paquete estadístico IBM SPSS Statistic versión 22.0.

Resultados

Los granos de cacao de todos los estados manifestaron porcentajes de fermentación entre 84 al 99 %, siendo menor en los granos del estado Aragua y mayor en los granos de los estados Miranda y Zulia, con coloración típica de granos fermentados de color pardo. En la tabla 2, se muestran las desviaciones estándar y la comparación estadísticamente significativa entre las muestras. El desglose de porcentajes mostrado en la tabla 2, correspondiente a granos partidos, dañado por insectos, planos, pizarrosos y negros, es el siguiente: en el estado Mérida, 2% de granos partidos, 1% granos planos, y 8% eran granos pizarrosos, es decir, insuficientemente fermentados, caracterizados por tener en su interior una textura compacta, lisa y sin grietas [17]; en el estado Aragua, 2% de los granos fueron planos y 16% pizarrosos; en el estado Zulia, 1% de los granos eran pizarrosos por lo que no se encontraron granos partidos ni dañados; y en los granos del estado Miranda, 1% estaban dañados por insectos y 1% pizarrosos. Ninguno de los granos de los diferentes estados estaba germinado ni tenían rastros de moho. Todas estas características estaban basadas en las definiciones de las normas COVENIN 50:1998 [17]. El peso de los granos osciló entre 105,90 a 138,93 g, siendo los más ligeros los granos del estado Mérida, y los más pesados los granos del estado Aragua. La calidad de los granos de cacao de los estados Mérida y Aragua fueron clasificados en la categoría fina, según las características físicas

recolectadas y estandarizadas en la tabla 1, mientras que los granos de los estados Miranda y Zulia, fueron clasificados como granos de calidad extra fina.

Tabla 2: Tipo de cacao. Requisitos. Normas COVENIN 50:1998.

Requisitos	Edo. Zulia (%)	Edo. Mérida (%)	Edo. Miranda (%)	Edo. Aragua (%)
Granos mohosos	0	0	0	0
Granos partidos, dañados por insectos, planos, pizarrosos y negros	1b	11 ^a	2b	18 ^a
Granos germinados	0	0	0	0
Granos insuficientemente fermentados	1a	8c	1a	16b
Granos múltiples	0	1	2	2
Porcentaje de fermentación*	99 ± 0,56a	92 ± 2,8b	99 ± 0,57a	84 ± 3,2c
Peso mínimo (g) de 100 granos*	117.50 ± 8.1a	105.90 ± 4b	118 ± 6.2a	138.93 ± 12.6c
Tipo de cacao	Extra fino	Fino de primera	Extra fino	Fino de primera

* Promedios seguido de la desviación estándar

Las letras iguales entre las filas indican promedios estadísticamente iguales a un nivel de significación del 5 % ($p \leq 0,05$)

Las letras iguales entre las filas indican promedios estadísticamente diferentes a un nivel de significación del 5 % ($p \geq 0,05$)

Discusión

Los granos de cacao de todos los estados tuvieron buenos porcentajes de fermentación en el momento de la prueba de corte. Estos resultados son consistentes a los encontrados en otras investigaciones donde se registran grados mayores de fermentación al 80 % según la prueba de corte [20, 21, 22]. Este índice de fermentación está relacionado con las altas temperaturas alcanzadas durante los procesos fermentativos y la frecuencia de remoción [23, 24]. El desgrane de los granos en el estado Aragua fueron hechos el mismo día del comienzo de la fermentación, por lo que puede estar relacionado al menor porcentaje, ya que se obtiene un mayor índice de fermentación, es decir, un mayor número de granos secos de color pardo al retardar el desgrane post-cosecha [25]. Según los requisitos de las normas COVENIN 50:1998 (Tabla 1), los granos de cacao de los estados Zulia y Miranda entran en la clasificación según la calidad como granos de cacao extrafino, y la de los estados Mérida y Aragua como cacao de calidad Fino de primera. Incluso el peso de 100 almendras obtenido estuvo dentro de los rangos (100 a 120 g) para ser catalogado como granos de cacao de excelente calidad [17, 18, 19].

Las variedades de los árboles utilizados en este estudio, variaron entre las zonas productoras, ya que en la región central (estados Aragua y Miranda) se caracterizaron por granos de variedad híbridas producto de la mezcla de material genético de variedades trinitarias y criollas, destacándose del estado Aragua, la variedad Chuao, considerado como un material único por su características genéticas y fenotípicas del árbol, originado por la ubicación geográfica de la zona en la cual se cultiva; y la región occidental, considerada como el nicho ecológico de los materiales criollos; se utilizaron granos de variedad criolla “Porcelana” recolectados en la vía

Santa Bárbara (Edo. Zulia) y híbridos “Sur del Lago” producto de la mezcla entre las variedades “Porcelana” y “Guasare”, y cultivados en Tucaní (Edo. Mérida). Estos tipos de cacao, poseen una excelente calidad genética, la cual expresaría todo su potencial en los productos que genera, siempre y cuando su beneficio post-cosecha se realice correctamente, produciendo cacao fino. En el caso contrario, se estaría produciendo un cacao corriente con riesgos de una calidad deprimida, condición que ha afectado negativamente, el prestigio emblemático del cacao venezolano [26, 27, 28, 29, 30, 31].

Las diferencias en las condiciones edafoclimatológicas y la calidad de los suelos en donde crece al árbol de cacao, parecen afectar a los granos a nivel físico y químico [32, 22]. El peso del grano es la principal característica que se puede ver afectada a nivel físico, y en consecuencia su calidad; pero los resultados del presente estudio, no muestra diferencias significativas entre las características de cacao fuera de lo normal por sus diferencias genéticas, por lo que se podría decir, que hay un reflejo de la buena calidad de los suelos donde se cultivan los árboles de cacao de las diferentes localidades.

A pesar de las diferencias geográficas, climatológicas, variedad del árbol, métodos de fermentación y secado, éstos no influyeron en la excelente calidad de los granos de cacao Venezolanos desde el punto del grado de fermentación, siendo éste un parámetro, muy importante dentro de las normas de clasificación del cacao para su comercialización o su distribución [1], siendo una fuente de granos muy codiciadas por los fabricantes de productos chocolateros a nivel internacional.

Conclusión

El presente trabajo resalta una vez más, la calidad de los granos de cacao, desde el punto de vista de fermentación, ya que a pesar de las diferencias en la metodologías de fermentación y secado; sumado a las diferencias geográficas, climatológicas y variedad de los árboles cacao de las diferentes cacaoteras de la Rep. Boliv. de Venezuela, la calidad de los granos de cacao fueron catalogados en el presente estudio, como fino y extra fino según las Normas COVENIN 50 y 442, razones por la cual, los granos de cacao venezolano siguen siendo un producto muy apreciado a nivel mundial, ya que garantiza la calidad a los fabricantes de productos chocolateros, evitándoles pérdidas por granos defectuosos o mal fermentados y por consiguiente menor inversión durante el procesamiento.

Agradecimientos

FONACIT – Ministerio del Poder Popular para Ciencia, Tecnología e Innovación; INIA-Lagunillas; INIA-Miranda; Empresa Campesina de Chuao, Ysora Chávez; Corporación Socialista de Cacao Venezolano; Consejo de Desarrollo Científico, Humanístico, Tecnológico (CDCHT-ULA) por el financiamiento del Proyecto de Código C-1793-12-03-B; Centro de Investigaciones del Estado para la Producción Experimental Agroindustrial (CIEPE); Centro Socialista de Investigación y Desarrollo del Cacao CESID – Cacao CORPOZULIA; Ing. Mariño

Gutiérrez; Ing. José Marrufo; Dr. Clímaco Álvarez; Lic. Joel Navarro; Ing. Iraima Chacón.

Bibliografía

- [1] H. Reyes, C. Reyes, (2000). *El cacao en Venezuela*. Moderna Tecnología para su cultivo, 1ra. Ed., Chocolates El Rey, Caracas, Venezuela, pp. 50.
- [2] P. Stevens, (2001). *Angiosperm Phylogeny Website*. disponible en <http://www.mobot.org/MOBOT/research/APweb>.
- [3] H. Pittier, (1920). *Mapa Ecológico de Venezuela*. En Atlas de Vegetación de Venezuela, sin editorial.
- [4] R. Schwan, and A. Whelas, (2004) *The microbiology of cocoa fermentation and its role in chocolate quality*. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, vol. 44, pp. 205–221.
- [5] A. Lopez, and P. Dimick, (1995). *Cocoa fermentation*. In Enzymes, Biomass, Food and Feed, Biotechnology , vol. 9, Reed, G., Nagodawithana, T.W., Eds., 2nd ed., VCH, Weinheim, pp. 561– 577.
- [6] H. Martelli, (1995). *Fermentacão do cacao II*. 1ra. Ed., Índices de contrôle, Arquivos de Fermentação vol.1, pp. 87-95
- [7] H. Martelli, (1995). *Fermentacão do cacao II*. 1ra. Ed., Influência da temperatura e do pH, Arquivos de Fermentação, vol. 1, pp. 97-102.
- [8] M. Thompson, and A. Lopez, (2001). *Cocoa and coffee*. In Food Microbiology—Fundamentals and frontiers, M.J. Doyle, L.R. Beuchat and T.J. Montville, Eds., ASM Press, Washington, D.C., pp. 721–733.
- [9] D.Baker, K. Tomlins, C. Gay, (1994). *Survey of Ghanaian cocoa farmer fermentation practices and their influence on cocoa flavor*. Food Chemical, vol. 51, pp. 425-431.
- [10] E. Afoakwa, A. Paterson, M. Fowler, A. Ryan, (2008). *Flavor Formation and Character in Cocoa and Chocolate, A Critical Review*. Critical Reviews in food science and nutrition, vol. 48, pp. 840-857.
- [11] L. Rigel (2005). *Procesamiento del cacao para la fabricación de chocolate y sus subproductos*. Revista de difusión de tecnologia agrícola, pecuária, pesquera y acuícola, vol 6, pp.2-4.
- [12] V. Quesnel, (1957). *Curing cocoa in the laboratory*. Report of the cocoa Conference, Cocoa, Chocolate and Confectionery Alliance, London
- [13] Quesnel, V. (1967). Cocoa curing. Journal of Agriculture and Society 67: 41–50.
- [14] P. Keeney, (1972). *Various interactions in chocolate flavors*. Journal Americam Oil Chemist's Society, vol. 49, pp. 567-569.
- [15] M. Sanagi, W. Hung, and S. Yasir, (1997). *Supercritical fluid extraction of pyrazines in roasted cocoa beans effect of pod storage period*. Journal of Chromatography A, vol. 785, pp. 361–367.

- [16] P. Perego, B. Fabiano, M. Cavicchioli, and M. del Borghi, (2004). *Cocoa Quality and Processing. A Study by Solid-phase Microextraction and Gas Chromatography Analysis of Methylpyrazines*. Food and Bioproducts Processing, vol 84(C4), pp. 291–297.
- [17] Comisión Venezolana de Normas Industriales (COVENIN), (1995). *Granos de cacao, Prueba del Corte*. Norma Venezolana N°442, 1ra. Revisión, Fondo Norma, Caracas, Venezuela.
- [18] Comisión Venezolana de Normas Industriales (COVENIN), (1998). *Granos de cacao, Prueba del Corte*. Norma Venezolana N°50, 1ra. Revisión. Fondo Norma, Caracas, Venezuela.
- [19] C. Stevenson, J. Corven, G. Villanueva, (1993). *Manual para el análisis de cacao en el laboratorio*. IICA, PROCACAO, Costa Rica, pp. 65.
- [20] C. Álvarez, E. Pérez, Y. Lares (2007). *Caracterización física y química de almendras de cacao fermentadas, secas y tostadas cultivadas en la región de Cuyagua, Estado Aragua*. Agronomía Tropical, 57(4), pp. 249-256.
- [21] J. Angulo, L. Grazziani, L. Ortiz, and Y. Parra (2001). *Caracterización Física de la semilla de cacao criollo forastero amazónico y trinitario de la localidad de Cumboto, Estado Aragua*. Agronomía Tropical, vol. 51(2), pp. 203-219.
- [22] A. Zambrano, C. Romero, A. Gómez, G. Ramos, C. Lacruz, M. Brunetto, G. Máximo, L. Gutiérrez, y Y. Delgado, (2010). *Evaluación química de precursores de aroma y sabor del cacao criollo merideño durante la fermentación en dos condiciones edafoclimáticas*. Agronomía Tropical, vol. 2(60).
- [23] E. Portillo, L. Graziani de Fariñas, E. Betancourt (2005). *Efecto de los tratamientos post-cosecha sobre la temperatura y el índice de fermentación en la calidad del cacao criollo Porcelana (*Theobroma cacao L.*) en el sur del Lago de Maracaibo*. Revista de la Facultad de Agronomía (LUZ), vol 22, pp. 394-406.
- [24] C. Álvarez, I. Tovar, H. García, F. Morillo, P. Snahce, C. Giron, A. de Farias, (2010) *Evaluación de la calidad comercial del grano de cacao (*Theobroma cacao L.*) usando dos tipos de fermentadores*. Revista científica UDO Agrícola, vol. 10(1), pp. 76-87.
- [25] O. Torres, L. Graziani de Fariñas, L. Ortiz de Bertorelli, A. Trujillo, (2004). *Efecto del tiempo transcurrido entre la cosecha y el desgrane de la mazorca del cacao tipo forastero de Cuyagua sobre las características del grano en fermentación*. Agronomía tropical, vol. 54(4), pp. 481-495.
- [26] J. Redmond, (2007). *El Cacao Venezolano. Una Contribución del Nuevo Mundo a la gastronomía mundial*. El Rey, Universidad Metropolitana disponible en http://gastronomia.unimet.edu.ve/Congreso/conferencias_files/Conferencia%20Jorge%20Redmond.pdf
- [27] J. Motamayor, A. Risterucci, P. López, C. Ortiz, A. Moreno y C. Lanaud, (2007). *Cacao domestication I: The origin of the cacao cultivated by the Mayas*. Heredity, vol. 89, pp. 380-386.

- [28] G. Ramos, (2007). *I Encuentro Nacional la Ruta del Chocolate*. Ciudad: Maracaibo 15-16 de febrero del 2007
- [29] J. Motamayor, (1995). *Estudio de la variabilidad genética de los cacaoteros Criollo de Venezuela (Theobroma cacao L) mediante el uso de marcadores moleculares tipo RFLP*. Tesis de grado, Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela
- [30] A. Moreno, (1997). *Caracterización morfológica y clasificación de cultivares de cacao Criollo Theobroma cacao L, Sterculiaceae*. Tesis de Maestría, Postgrado en Agronomía, Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela
- [31] H. Reyes, J. Vivas, A. Romero, (1999) *La calidad en el cacao I. Factores determinantes de la calidad*. In FONIAP DIVULGA N°. 61, Maracay, INIA: Revistas técnicas, pp. 270.
- [32] J. Porras, (2015). *CAPEC, Institución gremial de fin público*. Recuperado de <http://www.capecve.org>.

Efecto de la canela sobre la muda, supervivencia y oviposición de *Rhodnius prolixus*

(Cinnamon effect on moulting, surviving and oviposition of *Rhodnius prolixus*)

Erick Kleny Hernández¹, Luis Rojas-Fermín², Elis Aldana³, Fernando Otálora-Luna¹

Laboratorio de Ecología Sensorial, Centro Multidisciplinario de Ciencias, Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas¹

Jají, Venezuela

Instituto de Investigaciones de la Facultad de Farmacia de la Universidad de Los Andes²
Mérida, Venezuela

Laboratorio de Entomología “Herman Lent”, Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad de Los Andes³
Mérida, Venezuela
fotalora@ivic.gob.ve

Fecha de recepción: 31/01/2017

Fecha de aceptación: 31/03/2017

Pág: 26 – 38

Resumen

En el presente trabajo investigamos el efecto de la concha de canela *Cinnamomum cassia*, aceite esencial de hojas de *Cinnamomum verum*, cinnamil acetato y *trans*-cinamaldehído en la muda de *Rhodnius prolixus* (Hemiptera: Triatominae). Además, se observó que estos compuestos disuaden la oviposición. El cinnamil acetato junto al *trans*-cinamaldehído fueron identificados en aceite de hojas de *Cinnamomum verum* a través de un cromatógrafo de gases acoplado a espectrómetro de masas (CG-EM). Dados sus efectos fisiológicos y sobre el comportamiento, además de su baja toxicidad, la canela y algunos de sus compuestos son candidatos para ser incorporados a una metodología de control de triatominos, vectores del agente etiológico de la enfermedad de Chagas.

Abstract

We studied the effect that cinnamon bark, cinnamon leaf essential oil, cinnamyl acetate and *trans*-cinnamaldehyde have on moulting of *Rhodnius prolixus* (Hemiptera: Triatominae). We also observed that these substances deter oviposition. The volatiles cinnamyl acetate and *trans*-cinnamaldehyde were found in *Cinnamomum verum* leaves by using gas chromatography mass spectrometry (GC-MS). Given that

these compounds have behavioral and physiological effect and given their low toxicity, they could be used to control triatomines, vectors of the etiologic agent of Chagas disease.

Palabras clave: ciclo de vida, la toxicidad de canela, Chagas, ecdisis, esencias de plantas, fisiología, repelencia, oviposición, interacción planta-insecto.

Introducción

Los triatominos son insectos hematófagos (Otálora-Luna et al. 2015a)[1] y entomófagos (Sandoval et al. 2015)[2], vectores del agente etiológico de la enfermedad de Chagas: *Trypanosoma cruzi*. No existen vacunas para esta dolencia y no hay cura una vez que la enfermedad ha progresado a la fase crónica. La falta de un tratamiento médico adecuado hace imperativo que se haga un mayor esfuerzo para controlar a estos insectos en Latinoamérica, donde la vectorial es la principal vía de transmisión (Otálora-Luna et al. 2015b)[3]. Otra vía de transmisión en este continente es por contaminación de bebidas alimenticias con triatominos asociados a frutas (Alarcón et al. 2010, Áñez et al. 2013)[4, 5], por lo tanto se hace doblemente necesario el control de estos insectos.

Consideramos que la enfermedad de Chagas es un accidente consecuencia de la alteración humana de su ambiente, en el contexto del sistema capitalista que privilegia el desarrollo sin fin (Otálora-Luna et al. 2015b)[3]. En consecuencia, tiene mayor sentido controlar que eliminar a estos vectores. La eliminación con insecticidas supone estrategias que ponen en peligro la salud humana y el equilibrio ecológico, y supone el riesgo de que los triatominos desarrollen resistencia a los insecticidas (Molina et al. 2004, Soto y Molina 2001)[6, 7]. El control supone evitar una agresión al ecosistema.

Encontrar sustancias de origen vegetal que permitan controlar a los triatominos, es una alternativa tentadora. La capacidad insecticida de la canela ha sido probada por Park et al.[8], quienes realizaron ensayos para determinar la actividad insecticida de compuestos presentes en la corteza de *Cinnamomum cassia* sobre la plaga del roble *Mechoris ursulus* (Coleoptera: Attelabidae) y observaron que el *trans*-cinamaldehído muestra efectos letales. Además se probó la actividad larvicida sobre *Aedes aegypti* de los aceites esenciales de la hoja de algunas variedades de *Cinnamomum osmophloeum* nativa de Taiwán y algunos de sus compuestos volátiles, separados e identificados por cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas (CG-EM) (Cheng et al. 2004)[9]. Estos autores también probaron la actividad larvicida de la misma canela sobre *Aedes albopictus* (Cheng et al. 2009)[10].

La capacidad repelente de la canela ha sido probada por Prajapati et al. (2005)[11], quienes probaron que el aceite esencial de *Cinnamomum verum* es un fuerte repelente contra *Anopheles stephensi*, *A. aegypti* y *Culex quinquefasciatus*, aparte de tener un alto potencial de disuisión de la oviposición, es decir, evita que los insectos coloquen los huevos en el lugar donde está el olor.

La canela también ha sido probada en triatominos; encontrándose que produce un efecto

inhibitorio sobre la muda de quinto estadio a adulto en ninfas de *Rhodnius prolixus* mantenidas en ayunas por siete días y con oferta de alimentación luego de suministrada una dosis de aceite esencial de canela como lo demostraron Abramson et al. (2007)[12]. Esta especie, *R. prolixus*, es uno de los vectores principales de la enfermedad de Chagas en Venezuela. Un triatomino que se adapta bien al hábitat rural humano, especialmente en las casas donde existen estructuras aledañas con techos de palma, donde es probable que existan posturas de chipos traídas en hojas de palma del campo al hogar, para la construcción de viviendas (Gamboa 1963)[13].

Abramson et al.[12] asocian el efecto inhibitorio de la muda inducido por la canela, a la inhibición del apetito que los compuestos de canela estarían provocando en *R. prolixus*. En este trabajo investigamos el efecto de la canela en la muda, pero a diferencia de Abramson et al.[12], alimentamos a los triatominos antes de someterlos a la canela para descartar la inhibición del apetito como causante de la inhibición de la muda. Además del aceite esencial de canela y concha de canela, se estudió el efecto de ciertos compuestos orgánicos volátiles identificados a través de CG-EM en el aceite esencial de canela, en la muda, supervivencia y disuasión de la oviposición.

Materiales y Métodos

Insectos

La colonia de *R. prolixus* se mantuvo con un protocolo similar al de Gómez-Núñez y Fernández[14]. Los insectos fueron alimentados dos veces por mes sobre gallinas y gallos, y fueron mantenidos a $23 \pm 2^\circ\text{C}$, $82 \pm 7\%$ HR y en un ciclo de luz-oscuridad de 12:12 h. Los especímenes utilizados se han mantenido desde el 2010 en estas condiciones, y provienen de una colonia cultivada en el Laboratorio “Herman Lent”, Universidad de Los Andes (ULA), Venezuela en 1972, que a su vez se originó de una colonia de la antigua Estación de Malariaología, actualmente Instituto de Altos Estudios Dr. Arnaldo Gabaldón, Maracay, Venezuela. La colonia nunca ha tenido contacto con insecticidas. Cada insecto se utilizó una sola vez para evitar sesgos de aprendizaje. Los experimentos se realizaron a $8^{\circ}33'36,14''$ N; $71^{\circ}18'56,87''$ O y altitud 1853 msnm.

Bioensayo de muda y supervivencia

Las ninfas de V estadio estuvieron en ayunas 8 días desde la muda, cuando fueron alimentadas hasta la repleción, y luego se le ofrecieron semanalmente dos alimentaciones más, al décimo quinto y vigésimo segundo día. Para constatar que cada individuo se haya alimentado se verificó que el abdomen estuviera completamente distendido. Se colocaron 20 de estas ninfas en un frasco de vidrio (500 ml), con papel en su interior, tapado con tela de chiffon sujetada con una liga. Se introdujo una torunda de algodón ($0,12 \pm 0,07$ g) en cada frasco, impregnada con $5 \mu\text{l}$ de alguna de las siguientes sustancias: hexano (isómeros de hexano > 99,99 %, n-hexano 67,16 %, Honeywell), aceite esencial de hojas de *Cinnamomum verum* (Edens Garden), cinamil acetato (99 %, Aldrich) o *trans*-cinamaldehído (99 %, Aldrich). El control consistió en la

torunda sin impregnar. Un sexto tratamiento consistió en introducir una torunda de algodón sin impregnar junto a una concha de canela *Cinnamomum cassia* (100 g). El hexano se utilizó para determinar su efecto fisiológico sobre los insectos, pues este solvente es comúnmente utilizado en experimentos de comportamiento (Otálora-Luna et al. 2009, Otálora-Luna y Dickens 2011, Lapointe et al. 2012)[15, 16, 17]. Se renovaron las torundas y dosis de cada compuesto una vez cada cuatro días. Semanalmente se registró el número de exubias durante 113 días, y el número de individuos sobrevivientes durante 170 días. Se realizaron 3 réplicas de 20 individuos ($n = 3$), es decir, tres frascos de 20 individuos por tratamiento. Se consideró que hubo *retardo* en la muda cuando las ninfas tratadas renovaron su exoesqueleto luego de las ninfas del control, y que hubo *inhibición* cuando el número de mudas acumuladas estuvo por debajo del valor del control.

Bioensayo de toxicidad

Se utilizaron ninfas de V estadio que estuvieron en ayunas 5 días desde la muda, cuando fueron alimentadas hasta la repleción, y a los 4 días siguientes se sometieron al tratamiento. A cada insecto se le aplicó tópicamente 0,5 μl , 1 μl ó 5 μl de aceite esencial de hojas de *Cinnamomum verum* (Edens Garden) en la parte ventral del abdomen. Fueron utilizadas 30 ninfas por tratamiento, distribuidas en tres recipientes de vidrio (500 ml) con papel en su interior, tapado con tela de chiffon sujetada con una liga. A los insectos del grupo control no se les aplicó el aceite de canela. Se monitoreó la mortalidad de los insectos durante 20 días.

Bioensayo de patrón de ovipostura

Una vez que las ninfas de V mudaron a adultos se separaban por sexo y se mantuvieron vírgenes y en ayunas durante 7 días. Al octavo día contado desde la muda, se alimentaron y formaron 10 parejas y separaron, cada pareja, en frascos de vidrio (500 ml). Luego se le ofrecieron semanalmente dos alimentaciones más. Se realizaron los mismos tratamientos químicos que en los bioensayos anteriores. Semanalmente se renovaron las torundas y dosis de cada compuesto, y se extrajeron y registraron el número de huevos puestos en el frasco (sueltos), en el algodón y en el papel durante 92 días. La superficie disponible para ovipositar del papel fue de 60 cm^2 y del algodón de 20 cm^2 , considerando para esta última medida la superficie externa de la torunda. Se consideró que las hembras fueron *disuadidas* de ovipositar en el algodón cuando éstas evitaron colocar sus huevos en la torunda.

Bioensayo de fecundidad

Para medir la fecundidad (huevos/hembra/semana) se contabilizaron los huevos del bioensayo de patrón de ovipostura detallado anteriormente.

CG-EM

Se separaron e identificaron los compuestos esenciales del aceite de hojas de *Cinnamomum verum* a través de CG-EM, es decir, en un cromatógrafo de gases (Hewlett Packard 6890) acoplado a espectrómetro de masas (Hewlett Packard MSD 5973), equipado con una columna capilar (HP-5) (5 % fenil - 95 % metil silicona) de 30 m de longitud y 0,25 mm de diámetro interno, con un espesor de pared de 0,25 mm. Se utilizó helio como gas portador, a un flujo de 1 ml/min. El horno del CG-EM comenzó a calentar desde 60°C hasta 260°C, a razón de 4°C/min. El inyector se mantuvo a 250°C. La identificación de los compuestos volátiles se realizó mediante comparación computarizada de sus espectros de masas con los de la base de datos del equipo (Librería Wiley, Sexta Edición) (Tabla 1).

Tabla 1: Toxicidad del aceite esencial hojas de canela de *Cinnamomun verum* de aplicado en el abdomen *Rhodnius prolixus* a diferentes dosis.

Cantidad (μl)	Sobrevivientes	Mortalidad (%)
control	30	0
0,5	24	20
1	21	30
5	25	16
$\bar{X} =$	23	22

Nota: Se indican los valores promedios (\bar{X}) entre los tratamientos, excluyendo el control.

Estadística

Para evaluar la evolución de la muda, la supervivencia, oviposición, fecundidad y toxicidad se compararon los tratamientos a través de la prueba G (Sokal y Rohlf 1981)[18], estableciendo los *valores esperados* a partir de los controles en el caso de los tres primeros parámetros. El efecto de los tratamientos sobre la evolución de la muda y la supervivencia se cuantificó midiendo el área bajo la curva, dado que las curvas presentaron formas similares. La dosis letal (DL) se midió hasta alcanzar al menos una cuarta parte de los muertos en 20 días.

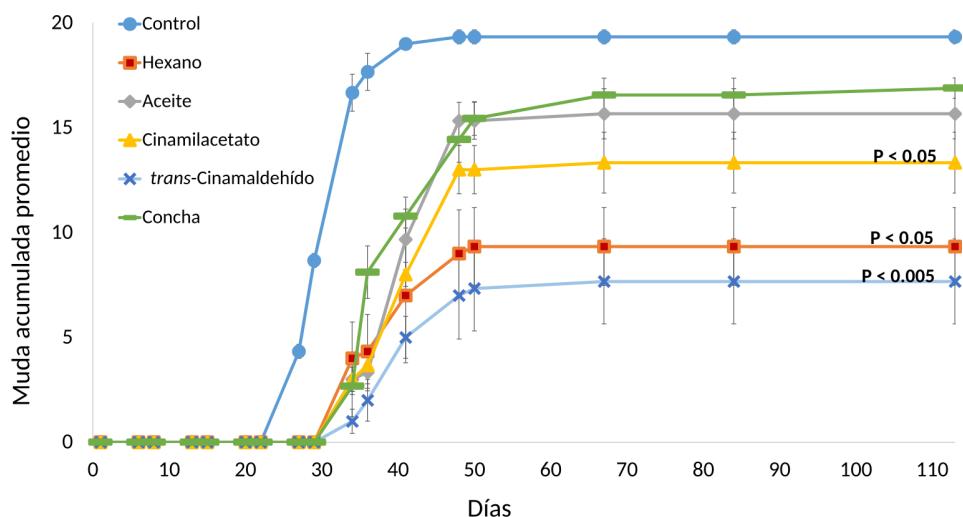
Resultados y discusión

Muda

Las ninfas que no fueron tratadas con algodón impregnado o concha de canela mudaron mucho más temprano (Fig. 1, Tabla 1), para el día 27 y habían mudado 4 ninfas a adultos, mientras que para el resto de los tratamientos, es decir, en presencia de hexano, aceite esencial de canela, concha de canela, cinamilacetato y *trans*-cinamaldehído, comenzaron a mudar el día 34. Nótese que para el día 41 ya un 95 % de las ninfas del tratamiento control habían mudado,

pero sólo el 25 % de las ninfas tratadas con 5 μl de *trans*-cinamaldehído habían mudado. Luego de transcurridos aproximadamente 50 días las curvas de evolución de las mudas se estabilizan, es decir, no ocurren nuevas mudas. Finalmente, el porcentaje de muda disminuye en orden partiendo del control con 97 %, canela en concha 88 %, aceite de canela 78 %, cinnamíl acetato 67 %, hexano 47 % y *trans*-cinamaldehido es el compuesto que mayor retardo y disminución causan permitiendo la muda sólo dos semanas después y con un 38 % del total (Fig. 1). Para sorpresa nuestra el hexano produjo un efecto sobre la muda a pesar de que ha sido considerado como solvente inocuo en experimentos de comportamiento quimiosensorial (Otálora-Luna et al. 2009, Otálora-Luna y Dickens 2011, Lapointe et al. 2012)[15, 16, 17].

Figura 1: Efecto de los compuestos volátiles de la canela en el retardo de la muda de los triatominos. En las ordenadas se indica el promedio de ninfas de quinto estadio que mudaron a adultos para cada tratamiento. En las abscisas se indica el tiempo. Las barras verticales indican el error estándar ($n=3$). Los valores de P indican que tan diferente es cada tratamiento con respecto al control (prueba G).



Nuestras observaciones indican que la canela y algunos de sus compuestos tienen un efecto de retardo e inhibitorio sobre la muda, esto a pesar de que los triatominos utilizados en los experimentos habían sido alimentados a repleción. Queda pues descartado que los chipos no muden o muden con retardo como efecto exclusivo de la disminución del apetito, tal como proponen Abramson et al.[12], quienes sugieren que la canela pudiera inhibir el apetito, y por consiguiente la muda.

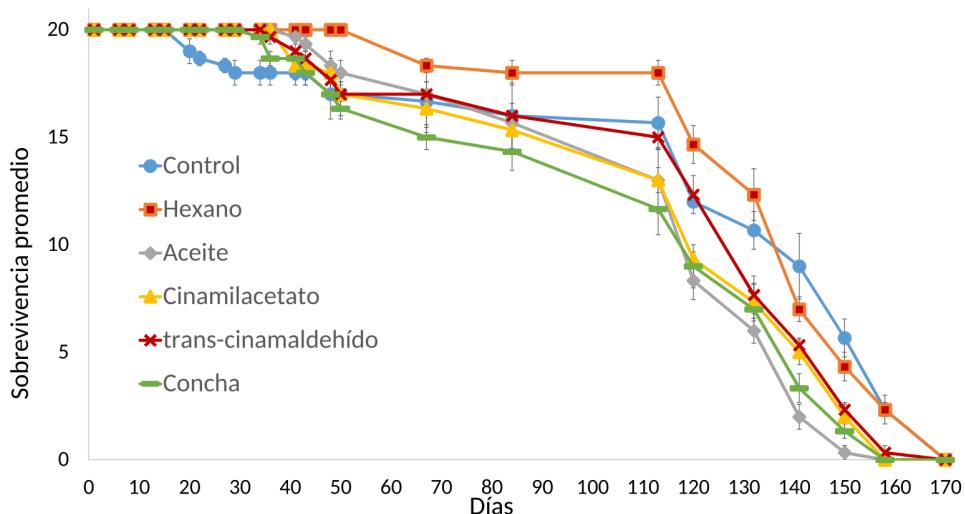
Ciertos compuestos secundarios de plantas, como la azadiractina, inhiben la muda (García et al. 1986)[19]. Este compuesto es un inhibidor de la ecdysis y ha sido identificado en el árbol de nim *Azadirachta indica* (Meliaceae) y en *Melia azedirach* (Meliaceae). El mecanismo de acción de la azadiractina, que ha demostrado su acción en *R. prolixus* (García et al. 1986)[19], es muy específico. No esperaríamos tal especificidad de los compuestos probados en este trabajo,

dada la simplicidad de sus estructuras químicas comparadas con la azadiractina. Tal vez la inhibición y retardo en la muda observado en este trabajo se deba a un mecanismo fisiológico menos específico o constituya algún tipo de adaptación ambiental de los triatomíos a la canela, donde la canela y el hexano actuarían como factores estresantes o adversos disparadores del retardo de la muda.

Supervivencia y toxicidad

Nótese como las curvas de supervivencia del control y los cinco tratamientos apenas se separan (Fig. 2), sin diferencias estadísticas durante los 170 días que se observó la supervivencia (Tabla 1), lo cual indica que la supervivencia no fue afectada por ningún tratamiento.

Figura 2: Efecto de olores asociados con la canela en la supervivencia de los triatomíos. En las ordenadas se indica el promedio de triatomíos que sobrevivieron para cada tratamiento. Se realizaron tres réplicas (tres frascos de 20 individuos) por tratamiento. En las abscisas se indica el tiempo. Las barras verticales indican el error estándar ($n=3$). Los valores de P indican que tan diferente es cada tratamiento con respecto al control (prueba G).



La letalidad del aceite esencial de canela (Tabla 1) es comparativamente baja comparada con la letalidad de los insecticidas comunes Reyes et al. [20]. Dado que no se observó letalidad tempranamente, pues aún a las 72 horas, tiempo utilizado por Reyes et al. [20], aún no se habían registrado muertes, para los ensayos toxicológicos se modificó el protocolo de estos autores, esperando 20 días. Aunque durante este tiempo no murió ninguno de los 30 individuos del control, ni la mitad de los individuos tratados, se observaron muertes en los tratamientos en porcentajes desde 16 hasta un 30 % según la dosis (Tabla 1). En promedio la dosis letal a la cual murieron el 22 % de los individuos en el lapso de 20 días ($DL_{22/20}$) fue de $2 \mu\text{l}$. No se

esperó un tiempo más prolongado, como el necesario para alcanzar la muerte de la mitad de los individuos (DL_{50}), para evitar que factores como la dieta y la senescencia afectasen este parámetro. No se observaron diferencias estadísticas entre las diferentes dosis (Tabla 2).

Tabla 2: Valores estadísticos de la prueba G para los diferentes tratamientos.

Efecto sobre la muda	Tratamiento	Estadístico G	P
	concha de canela	2,0004	0,1573
	<i>trans</i> -cinamaldehido	9,9106	0,0016
	cinamilacetato	3,9384	0,0472
	hexano	6,4187	0,0113
	aceite	2,7264	0,0987
Efecto sobre la sobrevivencia			
	concha de canela	1,404	0,2361
	<i>trans</i> -cinamaldehido	0,0394	0,8427
	cinamilacetato	0,5465	0,4598
	hexano	0,9031	0,3420
	aceite	0,8453	0,3579
Efecto sobre el patrón de ovipostura			
	<i>trans</i> -cinamaldehido	238,41	$2,2 \times 10^{-16}$
	cinamilacetato	314,31	$2,2 \times 10^{-16}$
	hexano	67,721	$1,971 \times 10^{-15}$
	aceite	291,56	$2,2 \times 10^{-16}$
Efecto sobre la fecundidad			
	todos los tratamientos	21,161	0,0002942
Efecto sobre la toxicidad			
	todos los tratamientos	1,657	0,6465

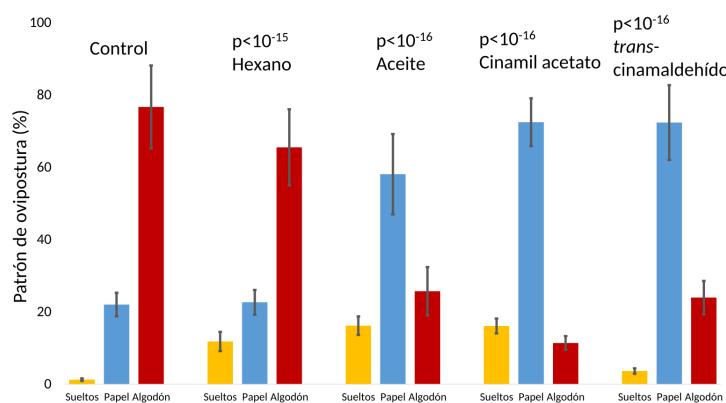
Notas: Los valores en rojo indican significancia.

Patrón de ovipostura

Los huevos fueron colocados sueltos, es decir, sin pegar en el frasco, y pegados en el papel y en el algodón. De acuerdo a nuestra experiencia criando triatominos en el laboratorio, *R. prolixus* pega la mayor parte de sus huevos en el papel que se coloca en los frascos, y muy raramente sueltos o en la superficie de vidrio. Aun cuando la superficie disponible para ovipositar del papel fue 3 veces mayor que la del algodón, las ninfas prefirieron colocar sus huevos en el algodón cuando no fue tratado ($P<0.001$, G: 7,2121, prueba G). El hexano, aceite de canela, *trans*-cinamaldehido y cinamil acetato disuadieron a los adultos de colocar sus huevos en

algodón impregnado (Fig. 3, Tabla 2). Si bien el hexano afectó significativamente la oviposición, su efecto aparentemente fue menor que el de los compuestos asociados a la canela.

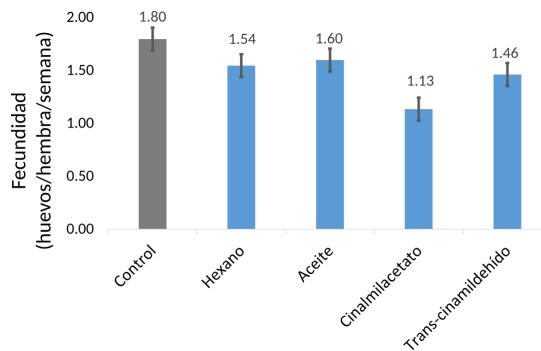
Figura 3: Efecto de olores asociados con la canela en el comportamiento de oviposición. En las ordenadas se indica el porcentaje de huevos ovipositados en diferentes sustratos. Se realizaron 10 réplicas (10 frascos con una pareja) por tratamiento. En las abscisas se indica el tipo de sustrato. Las barras verticales indican el error estándar ($n=10$). Los valores de P indican que tan diferente es cada tratamiento con respecto al control (prueba G).



Fecundidad

La fecundidad de *R. prolixus* fue afectada por los diferentes tratamientos, siendo el cinamil acetato el que más disminuyó la producción de huevos (Fig. 4). Los valores de fecundidad para *R. prolixus*, en general son más bajos que los reportados anteriormente (Aldana et al. 2001, 2009)[21, 22] dado que las hembras se alimentaron con una frecuencia menor, apenas tres veces en trece semanas.

Figura 4: Efecto de los olores asociados con la canela en la fecundidad. En las ordenadas se indica el número de posturas. En las abscisas se indican las sustancias utilizadas. Las barras verticales indican el error estándar ($n=10$).



CG-EM

En el perfil de separación de los constituyentes del aceite esencial de canela *Cinnamomum cassia* se observan 26 compuestos (Fig. 5, Tabla 3). A partir del perfil de CG-EM que obtuvimos y considerando los resultados que obtuvieron Cheng et al. (2004, 2008, 2009)[9, 23, 10], Park et al. (2000)[8], escogimos el *trans*-cinamaldehido y cinnamil acetato, para realizar los bioensayos. Si bien de los componentes identificados en el aceite esencial de canela, el eugenol resultó ser el mayoritario (68,37%), este no fue seleccionado para ser probado en los bioensayos. Para la selección de los compuestos ensayados se consideró su presencia en varias especies de canela y sus precedentes tóxicos en otras especies de hematófagos. Ahora bien, 1) el eugenol no se ha identificado en otras especies de canela, aunque esto también ocurre con el cinamaldehido y el cinnamil acetato, y 2) su identificación en nuestro aceite esencial se realizó a *posteriori* de los bioensayos. Sin embargo, recomendamos que para futuros bioensayos de este tipo se pruebe el efecto de eugenol sobre el comportamiento y fisiología de los triatominos.

Figura 5: Perfil cromatográfico (CG-EM) del aceite esencial de hojas de canela *Cinnamomum verum*. Los círculos y asteriscos corresponden a los compuestos utilizados en los experimentos: *trans*-cinnamaldehído y cinnamil acetato.

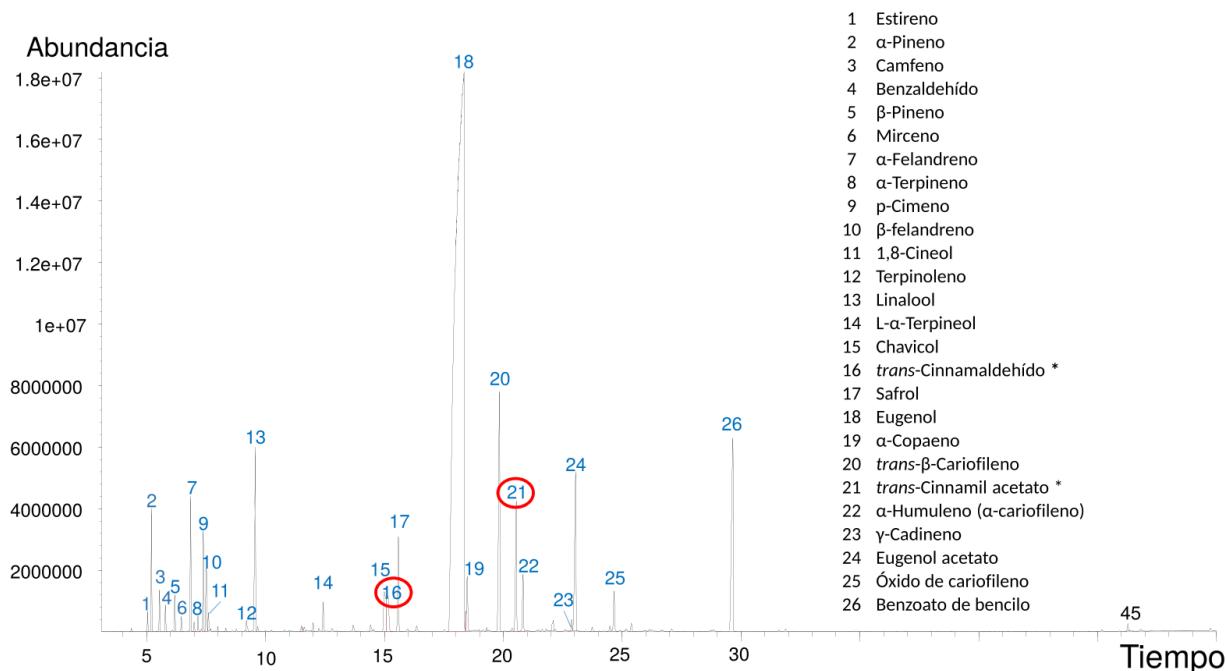


Tabla 3: Compuestos detectados (GC-EM) en el aceite esencial de hojas de *Cinnamomum verum*.

	Compuesto	Tiempo de retención	IKcal	IKtab	Área (%)	CAS
1	Estireno	5,04	925	924	0,19	000100-42-5
2	α -Pineno	5,20	932	932	1,23	000080-56-8
3	Camfeno	5,54	945	946	0,44	000079-92-5
4	Benzaldehído	5,79	954	952	0,30	000100-52-7
5	β -Pineno	6,18	968	974	0,40	000127-91-3
6	Mirceno	6,46	977	988	0,16	000123-35-3
7	α -Felandreno	6,85	989	1002	1,56	000099-83-2
8	α -Terpineno	7,16	998	1001	0,18	000099-86-5
9	p-Cimeno	7,38	1004	1022	1,12	000099-87-6
10	β -felandreno	7,51	1008	1025	1,00	000099-83-2
11	1,8-Cineol	7,59	1010	1026	0,27	000470-82-6
12	Terpinoleno	9,20	1179	1186	0,19	000586-62-9
13	Linalool	9,567	1094	1095	2,83	000078-70-6
14	L- α -Terpineol	12,42	1179	1186	0,41	010482-56-1
15	Chavicol	14,41	1243	1247	0,16	000501-92-8
16	<i>trans</i> -Cinnamaldehído *	15,00	1262	1267	1,19	000104-55-2
17	Safrol	15,582	1281	1281	1,4	000094-59-7
18	Eugenol	18,32	1366	1356	68,37	000097-53-0
19	α -Copaeno	18,48	1371	1374	0,87	003856-25-5
20	<i>trans</i> - β -Cariofileno	19,84	1412	1417	4,64	000087-44-5
21	<i>trans</i> -Cinnamil acetato *	20,55	1438	1443	2,34	000103-54-8
22	α -Humuleno (α -cariofileno)	20,83	1448	1452	0,86	006753-98-6
23	γ -Cadineno	22,87	1515	1522	0,18	039029-41-9

Nota: os números corresponden al cromatograma. IKcal y IKtab = índices Kobarts calculado y tabulado. CAS = registro según la Sociedad Americana de Química. Los asteriscos indican los compuestos utilizados en los experimentos.

Perspectivas

La canela y algunos de sus compuestos volátiles como el *trans*-cinamaldehido y el cinnamil acetato retardan e inhiben la muda a través de un mecanismo independiente de la inhibición del apetito, y disuaden a los adultos a colocar huevos. Su aparente baja toxicidad, pues es ampliamente utilizada en las artes culinarias y apenas es letal cuando se aplica directamente sobre los insectos, le confiere ventajas ecológicas y probablemente para la salud humana, en su posible uso como interruptor del ciclo vital de los triatomíos y disuasor de la oviposición.

Proponemos se considere el uso de la canela en concha u hoja, y la siembra de árboles de canela, como medidas de control de los triatomionos.

Bibliografía

- [1] Otálora-Luna, F., Pérez-Sánchez, A., Sandoval, C. y Aldana, E. (2015). Evolution of hematophagous habit in Triatominae (Heteroptera: Reduviidae). *Revista Chilena de Historia Natural*, 88.
- [2] Sandoval Ramírez, C. M., Nieves, E., Gutiérrez, R., Jaimes, D., Ortiz, N., Otálora-Luna, F. y Aldana, E. (2015). Morphometric analysis of the host effect on phenotypical variation of *Belminus ferroae* (Hemiptera: Triatominae). *Psyche*, 2015:1–12.
- [3] Otálora-Luna, F., Aldana, E. y Viloria A. (2015). Triatomines or humans: who are the invaders? *Ludus Vitalis*, 23:223–230.
- [4] Alarcón de Noya, B., Díaz-Bello, Z., Colmenares, C., Ruíz-Guevara, R., Mauriello, L. y Zavala-Jaspe, R. (2010). Large urban outbreak of orally acquired acute Chagas disease at a school in Caracas, Venezuela. *J. Inf. Dis.*, 201:1308–1315.
- [5] Añez, N., Crisante, G., Rojas, A. y Davila, D. (2013). Brote de enfermedad de Chagas agudo de posible transmisión oral en Mérida, Venezuela. *Bol. Mal. Salud Amb.*, 53:01–10.
- [6] Molina, D., Soto, A. y Barazarte, H. (2004). Susceptibilidad a insecticidas piretroides en cepas de campo de *Rhodnius prolixus Stål* (Hemiptera: Reduviidae) de Venezuela. *Entomotropica*, 19:01–05.
- [7] Soto, A. y Molina, D. (2001). Toxicidad de cinco insecticidas en una cepa de laboratorio de *Rhodnius prolixus Stål* 1859 (Hemiptera, Reduviidae) de Venezuela. *Entomotrópica*, 16:187–190.
- [8] Park, I. K., Lee, H. S. and Lee, S. G., Park, J. D. y Ahn, Y. J. (2000). Insecticidal and fumigant activities of *Cinnamomum cassia* bark-derived materials against *Mechoris ursulus* (Coleoptera: Attelabidae). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48:2528–2531.
- [9] Cheng, S. S., Liu, J. Y. and Tsai, K. H. y Chen, S. T. (2004). Chemical composition and mosquito larvicidal activity of essential oils from leaves of different *Cinnamomum osmophloeum* provenances. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52:4395–4400.
- [10] Cheng, S. S., Liu, J. Y. and Huang, C. G., Hsui, Y. R., Wei-June Chene, W. J. y Chang, S. T. (2009). Insecticidal activities of leaf essential oils from *Cinnamomum osmophloeum* against three mosquito species. *Bioresource Technology*, 100:457–464.

- [11] Prajapati, V., Tripathi, A. K. and Aggarwal, K. K. y Khanuja, S. P. S. (2005). Insecticidal, repellent and oviposition-deterring activity of selected essential oils against *Anopheles stephensi*, *Aedes aegypti* and *Culex quinquefasciatus*. *Bioresource Technology*, 96:1749–1757.
- [12] Abramson, C. I., Aldana, E. y Sulbarán, E. (2007). Exposure to citral, cinnamon and ruda disrupts the life cycle of a vector of Chagas disease. *Am. J. Environ.*, 3:7–8.
- [13] Gamboa, J. (1963). Comprobación de *Rhodnius prolixus* extradomiciliario. *Boletín de la Oficina Sanitaria Panamericana*, 54:18–25.
- [14] Gómez-Nuñez, J. C. y Fernández, J. (1963). La colonia de *Rhodnius prolixus* en el Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas. *Bol. Dir. Malariaol. San. Amb.*, 3:132–137.
- [15] Otálora-Luna, F., Hammock, J., Alessandro, R., Lapointe, S. y Dickens, J. (2009) Discovery and characterization of chemical signals for citrus root weevil, *Diaprepes abbreviatus*. *Arthropod-Plant Interactions*, 3:63–73.
- [16] Otálora-Luna, F. y Dickens, J. (2011). Multimodal stimulation of Colorado potato beetle reveals modulation of pheromone response by yellow light. *PloS ONE*, 6:e20990.
- [17] Lapointe, S. L., Alessandro, R. T., Robbins, P. S., Khrimian, A., Svatos, A., Dickens, J. C., Otálora-Luna, F., Kaplan, F., Alborn, H. T. y Teal, P. E. (2012). Identification and synthesis of a male-produced pheromone for the neotropical weevil Diaprepes abbreviatus. *J. Chem. Ecol.*, 38:408–417.
- [18] Sokal, R. R. y Rohlf, F. J. (1981). *Biometry: the principles and practice of statistics in biological research*. New York: Freeman and Company.
- [19] García, E. S. (1984). Effects of azadirachtin on ecdysis of *Rhodnius prolixus*. *Journal of Insect Physiology*, 30:939–941.
- [20] Reyes, M., Angulo, V. M. y Sandoval, C. M. (2007). Efecto tóxico de β -cipermetrina, deltametrina y fenitrotión en cepas de *Triatoma dimidiata* (Latrelle, 1811) y *Triatoma maculata* (Erichson, 1848) (Hemiptera, Reduviidae). *Biomédica*, 27:75–82.
- [21] Aldana, E., Lizano, E. y Valderrama, A. (2001). Efecto de la alimentación con sangre humana sobre la fecundidad, fertilidad y ciclo biológico de *Rhodnius prolixus* (Hemiptera, Reduviidae). *Rev. Biol. Trop.*, 49:689–692.
- [22] Aldana, E., Jácome, D. y Lizano, E. (2009). Efecto de la alternación de fuentes sanguíneas sobre la fecundidad y la fertilidad de *Rhodnius prolixus* Stål (Heteroptera: Reduviidae). *EntomoBrasilis*, 2:17–23.
- [23] Cheng, S. S., Huang, C. G., Chen, W. J., Kuo, Y. H. y Chang, S. T. (2008). Larvicidal activity of tectoquinone isolated from red heartwood-type *Cryptomeria japonica* against two mosquito species. *Bioresource Technology*, 99:3617–3622.

Programa de capacitación para el control de *Achatina fulica* (*Gastropoda: Achatinaceae*) en la comunidad de Guatacaral, Parroquia San Juan, estado Sucre, Venezuela

Training program for controlling *Achatina fulica* (*Gastropoda: Achatinaceae*) in the community of Guatacaral, Parish San Juan, Sucre State, Venezuela

Grégory José Hernández Cova¹, Mariela del Valle Cova Morales², Antulio Servio Prieto Arcas³

Universidad Nacional Experimental de las Fuerzas Armadas (UNEFA)¹

Instituto Nacional de Tierras, área: Recursos Naturales²

Universidad de Oriente, Departamento de Biología³

Cumaná, edo. Sucre, Venezuela.

gregoryherco@gmail.com, marielacova@gmail.com, aspa2021@hotmail.com

Fecha de recepción: 09/08/2016

Fecha de aceptación: 31/03/2017

Pág: 39 – 56

Resumen

Achatina fulica (Bowdich, 1822), es una plaga invasora que ocasiona un desbalance en el ecosistema, además de afectar los cultivos agrícolas en la parroquia San Juan del estado Sucre, siendo también un vector de nematodos, parásitos, bacterias y hongos que pueden ser letales a los humanos. Aunado a lo anterior, la escasa información que tienen los habitantes de la comunidad de Guatacaral sobre este molusco, incrementa el problema, por no saber las afectaciones que esta especie puede causar tanto a los humanos, como al ambiente. Por tal motivo, esta investigación tuvo como objetivo, elaborar un programa de capacitación para el control de *A. fulica* en la comunidad de Guatacaral. Se realizaron recorridos por el área de estudio a fin de observar, tomar fotografías y recaudar información concerniente a la existencia y control del caracol. Se aplicó una encuesta a una muestra de 41 productores agrícolas de la zona. Este instrumento, buscaba medir la necesidad de aplicar un programa de capacitación. Los resultados de esta investigación arrojaron, entre otros, niveles de conocimiento, bajos con relación al tema. En base a ello se procedió a diseñar y aplicar un programa de capacitación para el control del caracol en la zona objeto de estudio. Se impartieron cuatro charlas informativas y un taller teórico práctico a los productores de la comunidad. De igual forma, se elaboró y entregó un tríptico informativo, detallando, los principales problemas que causa en el humano esta plaga cuando no se le da un control adecuado. La forma de ir resolviendo el problema

causado por esta plaga en los cultivos, sigue siendo la capacitación permanente, aplicada bajo métodos adecuados de control. Se inició un proceso participativo de concientización en la comunidad, del cual se espera genere un cambio de actitud hacia la forma como controlan los productores de la zona esta plaga.

Palabras clave: plagas invasora, vector, Programa de Capacitación, *Achatina fulica*, cultivos agrícolas.

Abstract

Achatina fulica (Bowdich, 1822) is an invasive pest that causes an imbalance in the ecosystem, in addition to affecting agricultural crops in the parish San Juan del Sucre state, being also a vector of nematodes, parasites, bacteria and fungi they can be lethal to humans. In addition to this, the limited information that the inhabitants of the community Guatacaral this mollusk, increases the problem, not knowing the effects that this species can cause both humans and the environment. Therefore, this study aimed to develop a program of training for control of *A. fulica* in the community of Guatacaral. They conducted tours of the study area to observe, take pictures and collect information concerning the existence and snail control. A survey was applied to a sample of 41 farmers in the area. This instrument, sought to measure the need for a training program. The results of this research yielded, among others, levels of knowledge, low in relation to the subject. On this basis we proceeded to design and implement a training program for snail control in the area under study. four lectures and a theoretical and practical workshop producers were given community. Similarly, it was developed and delivered an information leaflet detailing the main problems causing this plague in humans when it is not given adequate control. The way to be solving the problem caused by this pest in crops, remains ongoing training, adequate methods applied under control. a participatory process initiated awareness in the community, which is expected to generate a change of attitude toward the way the producers control this pest in the area.

Keywords invasive pest, vector, Training Program, *Achatina fulica*, agricultural crops.

Introducción

Entre los miembros de la familia Achatinidae están los más grandes caracoles terrestres conocidos. Los 13 géneros que constituyen la familia, son endémicos de África, aunque unas pocas especies han adquirido notoriedad mundial al ser introducidas por el hombre en muchas regiones tropicales (Martínez y Martínez, 1997)[22]. Uno de estos géneros es *Achatina*, siendo *A. fulica* una de sus especies, llamado comúnmente caracol gigante africano, es una plaga a nivel continental. Los Moluscos aunque lentos y aparentemente frágiles son plagas frecuentes a escala mundial y a menudo figuran entre los invasores más agresivos (Ojasti, 2001)[17].

Este molusco sigue causando estragos en muchos países a nivel mundial y Venezuela no escapa de esta situación, especialmente, en las zonas agrícolas, ya que esta plaga que puede acabar con una gran variedad de cultivos debido a que tiene un apetito voraz y ataca a muchas plantas de diferentes especies; ornamentales, hortícolas, frutícolas, leguminosas entre otras. La corteza de algunas plantas altas como lechosa, cacao y cítricas (naranja, mandarina, limón) están sujetas a ser atacadas, sin embargo las plantas pertenecientes a la familia Poaceae (caña de azúcar, maíz, arroz) son dañadas levemente por esta especie. No obstante, se ha encontrado que vegetales del género *Brassica* son los alimentos preferidos del caracol gigante africano (Thakur y Kumari, 1998)[30]. De igual forma, es capaz de causar la muerte en animales cuando dicho molusco es consumido. También, come huevos y caracoles juveniles de su misma especie, compite en el nicho ecológico con moluscos nativos, puede ser causante de generar un desequilibrio ecológico a las especies autóctonas en el país donde se encuentre (Guillén, 2009)[14].

Aunque estos caracoles son especies de zonas cálidas algo áridas, pueden adaptarse a cualquier tipo de hábitat, desde las zonas intervenidas hasta los pantanos y áreas urbanas donde existe vegetación (Correoso y Rodriguez, 2006)[10]. Logran sobrevivir a las condiciones de frío, incluso nevadas, por la hibernación, aunque es posible que no alcancen a establecerse por sí mismos en las regiones templadas. Son, normalmente, de hábitos nocturnos y crepusculares, pero pueden tornarse diurnos durante los días lluviosos y templados (Tomiyama, 1994)[32].

En Venezuela, este molusco es considerado una plaga agrícola que ha demostrado tener ciertas capacidades, entre las que destacan: ser capaz de adaptarse a diferentes ecosistemas adquiriendo condición de invasora, ser un potencial transmisor de enfermedades para el ser humano, alterar el equilibrio poblacional de otras especies de gasterópodos terrestres, ya que es una especie totalmente competitiva, entre otras. Esta especie se encuentra entre las 100 especies exóticas invasoras más dañinas del mundo según la lista elaborada por el Grupo de Especialistas de Especies Invasoras (GEEI) de la Comisión de Supervivencia de Especies (CSE) de la Unión internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) (Lowe, Browne, Boudjelas y De Poorter, 2004)[21]. Esto se debe principalmente a sus características fisiológicas y morfológicas que le confieren resistencia a variables ambientales, a su dieta polífaga (pueden alimentarse de especies diferentes de plantas, líquenes, materia orgánica en descomposición y heces de animales) y a su alto potencial reproductivo que favorece su dispersión (Senasa-Argentina, 2013)[28].

En Venezuela, *A. fulica* ha presentado una alta tasa de dispersión a lo largo de la región boscosa y montañosa del norte del país en un período de diez años, a una velocidad promedio de 100 km/año desde la localidad donde se registró inicialmente, por lo que dicha propagación se debe a la acción humana involuntaria o intencional (Liboria, et.al, 2010)[19]. Siendo su principal medio de dispersión el hombre (Linares, Avendaño, Martínez y Rojas, 2013)[20].

La proliferación de *A. fulica* en Venezuela ha causado alerta, ya que en muchos estados ha afectado comunidades y plantaciones (Martínez, R., Martínez, E. y Castillo, 2008)[23]. La entrada de especies exóticas representa un peligro para la biodiversidad porque algunas pueden ser controladas, otras representan una amenaza de muerte para la fauna y la flora; además, pueden provocar problemas para la salud, dificultades económicas y ambientales (Aguirre y Mendoza, 2009[2]. *A. fulica* no sólo es una especie polífaga, si no también sobrevive en diversos

hábitats, representando un riesgo a la salud humana (Ribas, Vázquez, Laferté y Álvarez, 1992)[26]. Las enfermedades causadas por este caracol se pueden contraer ingiriendo su carne indebidamente preparada, o manipulando moluscos vivos y transfiriendo su mucosidad a las membranas mucosas (ojos, nariz, boca) de los humanos (Robinson, 2002)[27].

Clasificación taxonómica del caracol gigante africano

Clasificación científica

Reino: Animalia
Phylum: Mollusca
Clase: Gastropoda
Subclase: Pulmonata
Orden: Stylommatophora
Familia: Achatinidae
Género: *Achatina*
Especie: *Achatina fulica* (Bowdich, 1822).

Características del caracol gigante africano (*Achatina fulica*)

En un estudio sobre el estado actual de las especies exóticas se indica que el caracol gigante africano, es un gasterópodo invertebrado de sangre fría formado por dos partes: la concha y el cuerpo. La concha es helicoidal en espiral, compuesta por tres capas: la externa denominada periostraco, la medial o mesostraco y la interior o endostraco (Ojasti, op.cit)[17].

Achatina fulica es un caracol terrestre, cuya concha puede llegar a medir hasta 20 cm de largo y 12 cm de diámetro; generalmente, presenta de 7 a 9 verticilos y aunque su coloración puede ser variable, debido a las condiciones ambientales y a la dieta, por lo general, es de color café claro o marrón rojizo con amarillo claro y axiales uniformes (Carvalho, Teles, Mota, Mendonça y Lenzi, 2003)[8]. Habitualmente, es de forma espiral cónica y dibujada hacia afuera en el ápice. La abertura es relativamente corta y tiene una forma lunar. La superficie es lisa, el labio es agudo convexo y uniforme en una semi-elipse regular (Civeyrel y Simberloff, 1996)[9].

El cuerpo del animal tiene dos pares de tentáculos; un par corto inferior que es quimiotáctico y táctil, y otro largo superior con manchas oculares en las puntas. El cuerpo es húmedo, viscoso y parece de goma. Su coloración puede ser café manchado o raramente de color crema pálido. La base es plana, con gruesos tubérculos más evidentes lateralmente en la parte superior de la ampliación de la superficie corporal (Craze y Mauremootoo, 2002)[11]. Son mal llamados hermafroditas, porque muchos caracoles machos al año o dos años de haber nacido se transforman en hembras. Se llama protandria ese fenómeno, porque ese es un paso de macho a hembra. Pero ellos no tienen autofecundación, su apareamiento dura de 3 a 7 horas. A los seis meses de nacidos alcanzan su madurez sexual (Morocoima, 2011)[24]. Producen huevos grandes de color blanco amarillento que miden de 4,5 a 5,5 mm de diámetro y sólo eclosionan después de 8 a 21 días a temperaturas superiores a 15°C. Los caracoles pueden poner hasta 100 huevos en su primer año, e incluso 500 en su segundo año. El adulto de *A. fulica* tiene un promedio de

vida de 5 a 6 años y es posible que viva hasta por 9 años. Son capaces de entrar en un estado de estivación y sobrevivir por años en estas condiciones (Raut y Barker, 2002)[25].

Materiales y métodos

Área de estudio

La comunidad de Guatacaral, se encuentra ubicada a 500 m. aproximadamente de la autopista Antonio José de Sucre, esta cuenta actualmente con 137 familias y 420 habitantes (Censo consejo comunal de la zona, 2010). Sus límites son: NORTE: Carretera que conduce al sector San Juan, Rio Manzanares y Terrenos del INTi, SUR: Carretera que conduce al sector San Juan, Rio Manzanares, Terrenos del INTi, ESTE: Río Manzanares y OESTE: Terrenos del INTi (Figura 1)

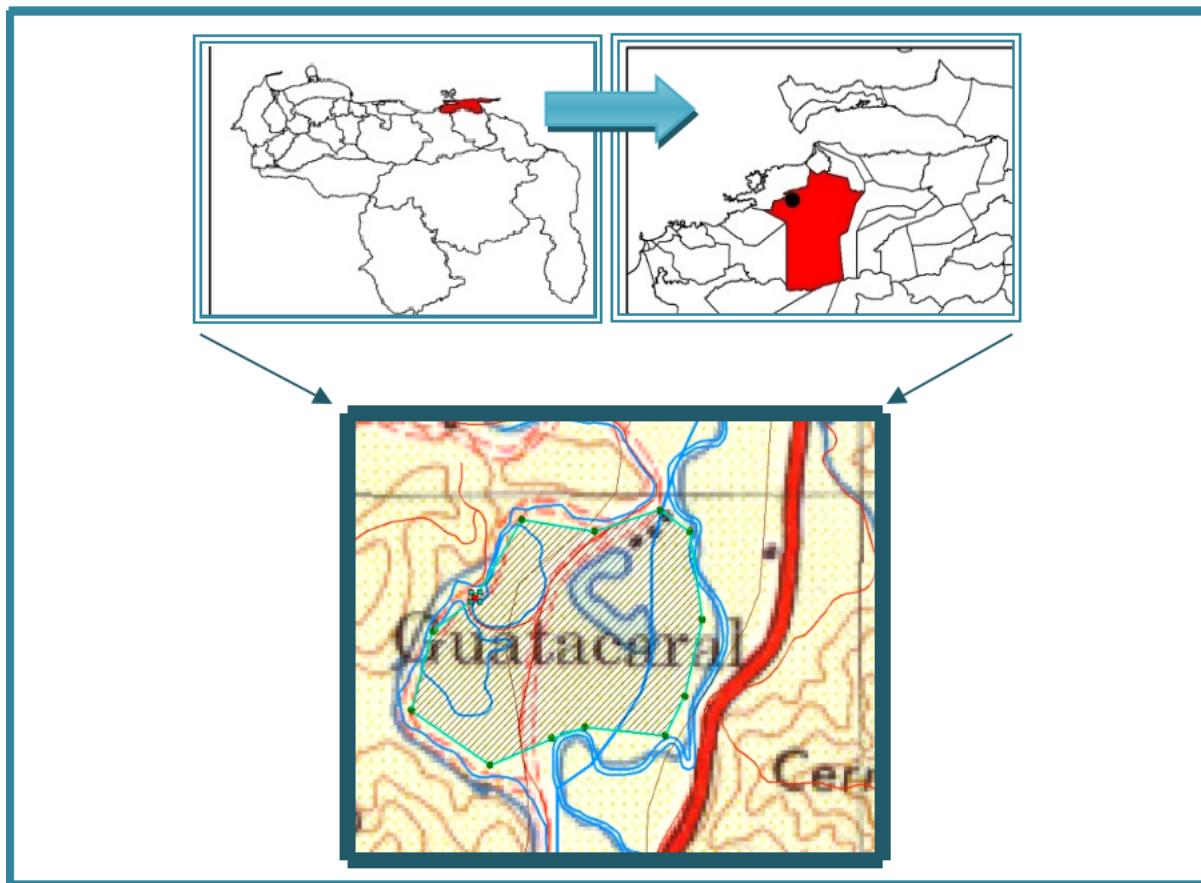


Figura 1: Ubicación relativa de la comunidad de Guatacaral.

Metodología de trabajo

El trabajo se realizó en el año 2014. Donde se comenzó con el proceso de sensibilización a los actores sociales claves de la comunidad, uno de ellos es el señor Ángel Benítez Productor reconocido e integrante del consejo comunal de la mencionada comunidad.

Con el propósito de obtener información relacionada con la investigación, se utilizo como método de recolección de datos: la encuesta, ésta corresponde a uno de los métodos más utilizados en la investigación, debido fundamentalmente, a que a través de ella se puede recoger gran cantidad de datos tales como actitudes, intereses, opiniones, conocimiento, comportamiento (pasado, presente y pretendido), así como los datos de clasificación relativos a medidas de carácter demográfico y socio – económico. (Adams, 2011)[1]. La principal ventaja de la encuesta frente a otras técnicas es su versatilidad o capacidad para recoger datos sobre una amplia gama de necesidades de información. En este caso permitió recolectar información sobre la necesidad de aplicar un programa de capacitación e intercambio de saberes comunitarios para el control de *A. fulica* en la comunidad de Guatacaral, edo. Sucre, Venezuela.

Validez del Instrumento aplicado (encuesta)

La encuesta fue estructurada por diez (10) ítems, los cuales estaban directamente relacionados con el caracol gigante africano (*A. fulica*). Este instrumento fue sometido a la validación de contenido para determinar si dichos ítems eran representativos de lo que se pretendía medir, utilizando específicamente la técnica del juicio de experto. Debido a esto, el instrumento diseñado fue validado por tres (03) expertos, los cuales analizaron exclusivamente cada uno de los ítems en función de los parámetros como: Congruencia, Claridad y Pertinencia. Ellos fueron, una Trabajadora Social, un biólogo, especialista en Moluscos y una Ms. C. en Agroecología y desarrollo sustentable.

El programa de capacitación estuvo estructurado por cuatro charlas informativas y un taller teórico práctico. Un taller, Son espacios donde los participantes intercambian saberes debatiendo sobre un tema en específico, construyendo conocimientos a partir de la experiencias de todos los presentes, lo que permite el protagonismo de actores sociales, haciendo que se sientan responsables del proceso y de los resultados obtenidos.

Nivel y diseño de la investigación

Esta investigación fue de tipo descriptiva, ya que el objeto fue obtener información para que sirva de línea base para la creación y puesta en práctica de un programa de capacitación el cual servirá para el control del caracol *Achatina fulica* en la comunidad de Guatacaral.

El diseño fue **documental y de campo participante**

Documental: porque se realizó una búsqueda exhaustiva de la información disponible del área de estudio, Tal como lo señala Arias (2012)[4], “Es aquello que se basa en la obtención

y análisis de datos provenientes de materiales impresos u otros tipos de documentos” (p. 69). Esta información fue almacenada de manera organizada para su posterior análisis.

De campo participante: porque se realizaron recorridos por el área de estudio, con el fin de conocer e intercambiar saberes con los habitantes de la mencionada comunidad, tomar fotografías, colectar la especie para confirmar su taxonomía, aplicar una entrevista a los productores agrícolas de la zona con el fin de indagar sobre el tema objeto de estudio.

Población

La población, viene dada por 137 familias de la comunidad de Guatacaral (Consejo comunal, 2013). Autores la define como: “la totalidad del fenómeno a estudiar, en donde las unidades de población poseen una característica común, la cual se estudia y da origen a los datos de la investigación” (Tamayo, 1998. p. 236)[29].

Muestra

La muestra se define como: “Una parte o subconjunto de la población” ésta podrá representar o no en buena forma a la población y su tamaño dependerá del tipo de estudio que se desee realizar y de acuerdo a la profundidad del mismo (Balestrini, 1998)[5].

En esta investigación se tomó una muestra que representa el 30 % de la población, es decir, 41 familias. Es importante destacar, que el investigador realizó un muestreo intencional, es decir, seleccionó aquellas familias con un jefe(a) de hogar dedicado a las labores agrícolas, ya que son los que podían tener información sobre el caracol gigante africano en la comunidad en estudio.

Análisis de los datos

Los datos obtenidos de la encuesta fueron organizados y distribuidos en una base de datos diseñada con el programa Excel para Windows, a través del cálculo del por ciento de representatividad para cada una de las preguntas. Los resultados se presentaron en diagramas de tortas simples. Con esta información se verificó, si existía o no, debilidad o necesidad de conocimiento con relación al tema objeto de estudio, a fin diseñar el programa de capacitación para ser llevado a cabo a los habitantes de la comunidad en cuestión, para que sean ellos los multiplicadores de la información y poder movilizar a toda la comunidad en función de resolver el problema que los afecta de una manera efectiva y segura.

Resultados

Del número total de entrevistados (n=41) el 88 % manifestó saber cuál es el Caracol Africano Gigante (*Achatina fulica*), diferenciándolo satisfactoriamente de la “Guacara” (*Megalobulimus oblongus*), gasterópodo presente también en la comunidad objeto de estudio. Del 88 por ciento que lo conoce 56 % manifiesta haberlos visto en sus cultivos, como una plaga que los ataca

y los destruye. El medio de control que emplean para controlar esta plaga en sus cultivos, es manual. El 32 % manifestó haber manejado para controlar esta plaga en sus cultivos con alguna prenda de protección (botas, guantes de látex), mientras que el 68 % manifestó controlar al animal sin ningún tipo de protección. El 27 % de los entrevistados afirmaron conocer que *A. fulica* es una plaga que causa varias enfermedades a los humanos, sin embargo el 73 % no sabía que este molusco puede transmitir enfermedades graves al ser humano. El 27 % manifestó haber recibido (2010-2012) algún tipo de información sobre este molusco, sin embargo el 73 % manifestó no haber recibido nunca información al respecto. El 88 % de los productores agrícolas de la comunidad de Guatacaral manifestó estar de acuerdo en recibir información completa y detallada para ampliar sus conocimientos en cuanto al caracol gigante africano (*Achatina fulica*), para poder tener un manejo eficaz y seguro de esta plaga que tanto daño causa a los cultivos y al ser humano, mientras el 12 % consideró que no querían saber nada de esto, pues “saben” cómo eliminar esta plaga, cuando aparece (tabla 1).

Tabla 1: Respuesta (en número y %) a las preguntas realizadas en la encuesta.

Preguntas relacionadas con los conocimientos sobre el caracol gigante africano (<i>Achatina fulica</i>)	Respuestas SI		Respuestas NO	
	Nº encuestados	%	Nº encuestados	%
¿Conoce usted al caracol gigante africano?	36	88	5	12
¿Ha visto usted al caracol gigante africano en sus cultivos y/o comunidad?	23	56	18	44
¿Uso usted medio de protección para su manejo?	13	32	28	68
¿Sabe usted que este animal puede causar enfermedades a los humanos?	11	27	30	73
¿Ha recibido usted información sobre este animal?	11	27	30	73
¿Le gustaría adquirir conocimiento a través de charlas y talleres sobre este animal?	36	88	5	12

Estos resultados permitieron evidenciar la necesidad de ofrecer y/o fortalecer la información que poseen los jefes de familia a fin de que puedan realizar un adecuado manejo de esta plaga en sus cultivos.

El 82 % de los encuestados afirmó haber visto alguna vez al caracol gigante africano (tabla 2), 31 % los ha visto en todos sus cultivos, 15 % manifestó haberlos visto en sus cultivos de berenjena y ají, 10 % en el tomate y pimentón, 9 % en cambur, 6 % en limón y 4 % en perejil (figura 2).

Tabla 2: ¿En cuáles de sus cultivos ha visto usted al caracol gigante africano?

Otras preguntas relacionadas con el caracol gigante africano (<i>Achatina fulica</i>)	Respuesta afirmativa Nº encuestados	%
¿Específicamente en cuáles de sus cultivos ha visto usted al caracol gigante africano?	33	82

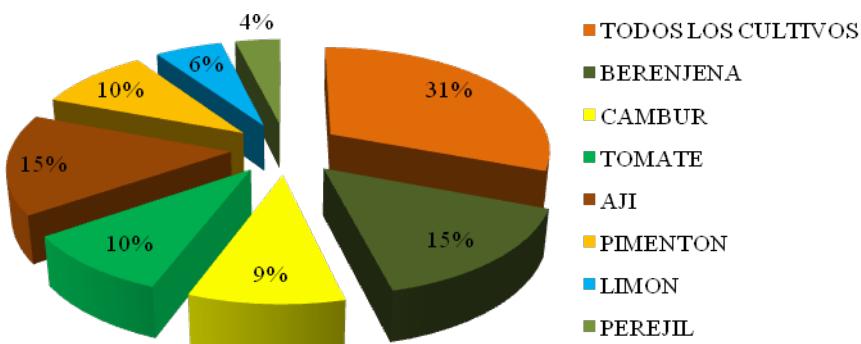


Figura 2: Representación porcentual de los rubros que han sido atacados por *A. fulica* en la comunidad de Guatacaral.

El 82 % de los encuestados afirmó saber cómo controlar al caracol gigante africano cuando ataca a sus cultivos (tabla 3). De éstos, 57 % manifestaron recogerlos, colocarlos en tobos plásticos y luego agregarles sal común, luego los entierran. El 18 % los recogen y amontonan en un sitio para quemarlos con kerosene y un 25 % los recoge y los sumergen en agua con cloro (Figura 3) resultados que motivan su vigilancia y orientación a fin de garantizar un adecuado control de esta plaga.

Tabla 3: ¿Cómo hace usted para controlar este animal?

Otras preguntas relacionadas con el caracol gigante africano (<i>Achatina fulica</i>)	Respuesta afirmativa N° encuestados	%
¿Cómo hace usted para controlar este animal?	33	82

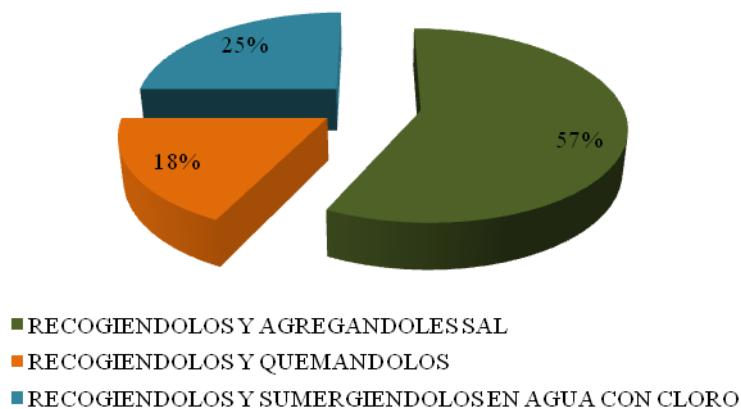


Figura 3: Representación porcentual de la forma como controlan *A. fulica* en la comunidad de Guatacaral.

El 18% de los encuestados ha recibido algún tipo de información sobre la plaga *A. fulica* (tabla 4). El 42% recibió información por parte del Instituto Nacional de Sanidad Agrícola Integral (INSAI), mientras que el 58% la recibió de estudiantes de diferentes instituciones educativas (UNEFA, UDO) (Figura 4).

Tabla 4: ¿Quién(es) le ha ofrecido información sobre este animal?

Otras preguntas relacionadas con el caracol gigante africano (<i>Achatina fulica</i>)	Respuesta afirmativa Nº encuestados	%
¿Quién(es) le ha ofrecido información sobre este animal?	7	18

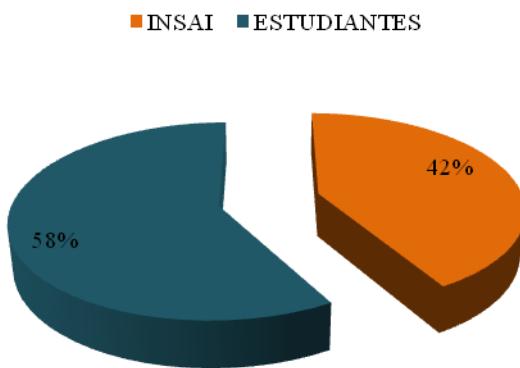


Figura 4: Representación porcentual de la forma como controlan *A. fulica* en la comunidad de Guatacaral.

Estos resultados sugieren la necesidad de incrementar los saberes de los habitantes de la comunidad, concientizarlos sobre el manejo y control del caracol gigante africano *Achatina fulica* para poder desarrollar cultivos sanos, protegiendo el medio ambiente y la salud del ser humano.

Programa de capacitación para el control de *Achatina fulica* para poder desarrollar cultivos sanos, protegiendo el medio ambiente y la salud del ser humano.

Como un primer paso hacia el programa de capacitación para el control de *Achatina fulica* en la comunidad de Guatacaral, parroquia San Juan, estado Sucre, Venezuela, se tomaron en cuenta los resultados de la encuesta aplicada a los jefes de familia de la comunidad, esto con el fin de diseñar el contenido del mismo de manera sencilla, fácil de entender, abarcando información importante. Pues, los programas de capacitación son actividades sistemáticas, planificadas y permanentes, cuyo propósito general es preparar, desarrollar e integrar a los

recursos humanos al proceso productivo, mediante la entrega de conocimientos, desarrollo de habilidades y actitudes necesarias para el mejor desempeño de todos los trabajadores en sus actuales y futuros momentos, adaptándolos a las exigencias cambiantes del entorno. Además, permite tener una visión general acerca de lo que se desea realizar.

El programa de capacitación se llevó a cabo durante los primeros seis meses del año 2014, éste estuvo estructurado por cinco (05) actividades educativas (4 charlas informativas y un taller teórico práctico), las charlas con una duración de cuatro (04) hora cada una, para un total de diecisésis horas de duración. El taller fue teórico práctico, el mismo se llevó a cabo en ocho (08) horas, de éstas, dos (02) fueron teóricas y cuatro (04) fueron prácticas. Las técnicas usadas para la capacitación fueron de tipo participativas, sobre la base de la construcción colectiva del conocimiento existente.

Tabla 5: Contenido del programa

ACTIVIDAD	CONTENIDO	APRENDIZAJE
Charla 1. Generalidades sobre el caracol gigante africano (<i>Achatina fulica</i>)	<ul style="list-style-type: none">Distribución, características externas y clasificación taxonómica del, “Caracol gigante africano” (<i>Achatina fulica</i>).Diferencias distintivas del caracol gigante (<i>Achatina fulica</i>) con la “Guácaro” (<i>Megalobulimus oblongus</i>).	<ul style="list-style-type: none">Se conoció de donde viene el caracol gigante africano, cuáles son sus características que lo difieren de los otros gasterópodos terrestres, donde está ubicado taxonómicamente.A través de una lámina a color se pudo conocer las diferencias entre el caracol gigante y la “Guácaro”, este último también es un molusco existente en el área de estudio y muy parecido al caracol gigante.

RESUMEN DE LA INFORMACIÓN SUMINISTRADA

Achatina fulica es una especie originaria de África oriental y varios países del sur del Sahara y centro del continente donde se utiliza como alimento. La introducción a otros países ocurre a raíz de haberse realizado campañas publicitarias televisivas a nivel nacional de un cosmético denominado genéricamente baba de caracol (proveniente en su mayoría de *Helix aspersa*). Esta situación ha traído y sigue trayendo problemas sociales en los países donde hoy se encuentra, ya que muchas personas utilizan caracoles vivos como quitamanchas; en el rostro y manos, desconociendo los peligros potenciales para la salud humana ya que los moluscos terrestres y su baba son vectores de enfermedades humanas (Correoso y Rodríguez, op.cit.)[10]. El caracol gigante africano, es un invertebrado formado por dos partes: la concha y el cuerpo; la concha, es alargada de color café con marcas o bandas longitudinales más claras, los ejemplares juveniles son de un color café más claro con bandas de color amarillentas o beige. El cuerpo está constituido por tres partes: cabeza, pie y masa visceral. La cabeza, contiene cuatro tentáculos retractiles, en los dos más largos se ubican los ojos. El pie, está estructurado por fibras lisas que segregan musina (baba), la cual facilita el desplazamiento del molusco. La masa visceral está incluida dentro del saco visceral, el cual reposa sobre el pie del caracol (Figueroedo, 1996)[16]. Pueden llegar a medir hasta 208 mm de alto y 160 mm de diámetro. Es la especie de molusco terrestre más grande ya que puede alcanzar los 30 centímetros de largo (Correoso y Rodríguez, op. cit.)[10]. En la escala zoológica la ubicación taxonómica de los caracoles *A. fulica* es la siguiente: Reino Animalia Phylum Mollusca, Clase Gasterópoda, Subclase Pulmonada, Orden Stylommatophora, Suborden Sigmurethra, Superfamilia Achatinoidea, Familia Achatinidae, Género *Achatina*, Especie *fulica* (Fernández, 2007)[15]. Este caracol se diferencia de la “Guácaro” por presentar una banda más clara que el resto del cuerpo en el lomo, el ápice de la concha es puntiagudo y con bandas más claras de forma alternas.

ACTIVIDAD	CONTENIDO	APRENDIZAJE
Charla 2. Reproducción y ciclo de desarrollo del caracol gigante africano (<i>Achatina fulica</i>)	<ul style="list-style-type: none"> Reproducción y desarrollo del “Caracol gigante africano” (<i>Achatina fulica</i>). 	<ul style="list-style-type: none"> Se conoció de manera clara y sencilla, la reproducción del caracol, así como también las diferentes etapas que atraviesa esta especie para poder reproducirse.

RESUMEN DE LA INFORMACIÓN SUMINISTRADA

La reproducción sexual del caracol gigante (*Achatina fulica*) depende de ciertos factores ambientales, principalmente, de la humedad, temperatura y luminosidad (Cuellar, 1986)[12]. El ciclo biológico del caracol gigante se resumen en cinco fases, las cuales son: 1.- Cónyula: Aunque el caracol gigante es hermafrodita, la fecundación requiere indispensablemente una cónyula recíproca, ésta va precedida de un período preliminar, donde dos ejemplares se frotan repetidamente, adoptando una postura horizontal en direcciones opuestas (idem)[12]. El pene de cada uno de los ejemplares se mueve libremente y penetra la vagina del otro, momento en el cual se vierte el espermatóforo. La cónyula dura entre 5 y 10 horas. 2.- Fecundación: para la fecundación se requiere que los óvulos elaborados en la glándula hermafrodita lleguen a la “cámara de fecundación” que es el lugar donde se efectúa la unión de los óvulos con los espermatozoides. Los óvulos fecundados se acumulan en donde son rodeados por una capa de albúmina, y más tarde por una cubierta calcárea blanquecina, que se endurece al contacto con el aire (Cuellar, R. Cuellar, L. y Pérez, 1991)[13]. 3.- Oviposición: el molusco *A. fulica* es una especie ovípara. La expulsión de los huevos en los caracoles terrestres se efectúa después de la cónyula, período que oscila entre 10 y 50 días, (Cuellar, op. cit.)[12]. Deposita sus huevos en masas, cuando se encuentra en tierra, excava un nido, con la parte anterior del pie. En ocasiones la puesta puede ocurrir debajo de hojarascas, piedras, ramas vegetales. Los huevos maduran cuando se ponen en contacto con un poco de humedad. 4.- Incubación: El período de incubación que varía de 7 a 25 días, estando ante la presencia de los siguientes parámetros ambientales: temperatura entre 20 a 25 °C, pH 5-6 y humedad entre 76 % a 87 %. Los huevos de *A. fulica* están provistos de una débil concha, de color blanca y frágil que se endurece progresivamente, son redondos y miden de 3 a 5 mm de diámetro al momento de la postura, y adquieren un color parduzco al finalizar el período de incubación, midiendo en promedio 25-35 mm (Unidad de Informática y Comunicaciones UNICO, 1998)[33]. 5.- Eclosión: la eclosión ocurre ante la presencia de humedad, después que el embrión se ha desarrollado y ocupa todo el espacio interior del huevo. Una vez liberado del huevo, el caracol juvenil permanece 5 a 10 días en la cámara de incubación alimentándose de los restos de la cubierta calcárea y del detritus orgánico.

ACTIVIDAD	CONTENIDO	APRENDIZAJE
Charla 3. Parámetros ambientales, hábitos, ritmo biológico del caracol gigante africano (<i>Achatina fulica</i>)	<ul style="list-style-type: none"> Parámetros ambientales donde se desarrolla el Caracol gigante africano (<i>Achatina fulica</i>). Hábitos que tiene el Caracol gigante africano. Ritmo de vida de la especie <i>Achatina fulica</i>. 	<ul style="list-style-type: none"> Se conocieron los parámetros ambientales, que influyen en el desarrollo del Caracol gigante africano (<i>Achatina fulica</i>). Se hablo sobre los hábitos que tiene el Caracol gigante africano (<i>Achatina fulica</i>). Se conocieron las etapas de ritmo de vida de los caracoles gigante y cuándo y porque ocurren.

RESUMEN DE LA INFORMACIÓN SUMINISTRADA

Los parámetros para el desarrollo del caracol, son: La humedad, La temperatura y El fotoperiodo. La humedad ambiental recomendada debe ser: diurna: 75-80% y nocturna: 85-90% no mayor a 95 %. La temperatura óptima recomendada: diurna: 20-22°C y nocturna: 16-18°C Temperaturas de 0°C inducen la muerte del caracol por congelamiento del agua de sus tejidos. Temperaturas de 30°C son inocuas siempre y cuando el grado de humedad sea idóneo. Fotoperiodo: 18 horas/luz-6horas/oscuridad. *Achatina fulica*, son animales lucifugos (que huye de la luz) (Cuellar, op.cit.)[12]. *A. fulica* tiene hábitos nocturnos y prefieren los sitios húmedos y sombríos, es decir: debajo de rocas, hojarascas, entre otros (Thomé y Santos, 2001)[31]. En condiciones de sequía extremas, los caracoles se entierran profundamente en el suelo, hasta que las condiciones de humedad vuelvan a ser favorables (Bichos, 2007)[7]. La voracidad alimenticia de estos caracoles, ocasiona grandes pérdidas en la agricultura, jardinería, otras (Barnes, 1991)[6]. Los ritmos de vida indican cómo se comporta el caracol *A. fulica* de acuerdo a la temperatura que se presenta en el ambiente donde se desarrolla. En tal sentido, posee dos ritmos: La hibernación y la estivación. La *hibernación* se produce cuando el caracol se encuentra a temperaturas muy bajas, en este caso el caracol asume un estado de operculación y secreta un mucus que le sirve de tapón para aislarse dentro de su concha. En este estado el caracol se alimenta de la reserva del hepatopáncreas. La *estivación* por el contrario se da en temperaturas muy altas, superiores a 30°C, en este caso el caracol se ve sometido a una aceleración de su frecuencia cardiaca. La estivación se desarrolla en las épocas de máximo calor y menor humedad, en este período los caracoles buscan un lugar protegido que les sirva de refugio, una vez que lo han encontrado, se sitúa con la parte abierta de la concha hacia el exterior del refugio. Elimina todo el contenido del tubo digestivo, se recoge en el interior de la concha y crea una capa mucilaginosa rica en calcio con la que tapa la abertura y se endurece con el aire para proteger al caracol y lo impermeabiliza. Cuando las condiciones ambientales de temperatura y humedad retornan favorables para los caracoles, salen de su letargo y comienzan a alimentarse.

ACTIVIDAD	CONTENIDO	APRENDIZAJE
Charla 4. <i>Achatina fulica</i> : plaga agrícola, vector epidemiológico y ecológico	<ul style="list-style-type: none"> Daño económico causados por el caracol gigante africano a los cultivos. Daños causados por el caracol gigante a los humanos por servir de vector epidemiológico. Daños causados al ambiente por el caracol gigante. 	<ul style="list-style-type: none"> Se conocieron los daños económicos que causa el caracol gigante a los cultivos agrícolas. Se dio a conocer los problemas de salud que puede traer consigo en caracol gigante. Se discutieron los daños que causa el caracol gigante al ambiente donde se encuentran.

RESUMEN DE LA INFORMACIÓN SUMINISTRADA

El caracol *A. fulica*, es un molusco que causa daños considerables a las plantas en los sistemas agrícolas tropicales y subtropicales, es un herbívoro polífago que ataca a muchas especies de plantas cultivables, tales como, hortalizas, frutos, leguminosas, musáceas, entre otras. Estos caracoles son hospederos de parásitos que causan diversas enfermedades graves a humanos y animales domésticos: incluyendo *Angiostrongylus cantonensis* en infestación natural con este nematodo parásito y una variante americana el *Angiostrongylus costaricensis*. El primero de ellos es causante de meningoencefalitis y el segundo es agente causal de angiostrongiliasis abdominal, síndrome similar a la apendicitis que puede ocasionar muertes por problemas intestinales (Amaya, Fajardo, Morel, Blanco y Devera, 2014)[3]. Este caracol también puede ocasionar daños al ambiente por desplazamiento de poblaciones de moluscos nativos por competencia, lo que puede constituirse en factores nefastos y generar un problema ecológico a largo plazo; *A. fulica* potencialmente puede afectar a plantas nativas por ser animales polífagos.

NOMBRE DEL TALLER	CONTENIDO	APRENDIZAJE
Taller.- Métodos y estrategias recomendados para el control y erradicación de <i>Achatina fulica</i>	<ul style="list-style-type: none"> Reconocimiento y diferenciación en campos de las especies <i>Achatina fulica</i> y <i>Megalobulimus oblongus</i>. Métodos recomendados para el control y erradicación de <i>Achatina fulica</i>. 	<ul style="list-style-type: none"> Se observaron las diferencias existentes entre un caracol gigante africano y una “guacara” (aprendiendo a diferenciar una especie de la otra). Se aplicó de manera satisfactoria el método recomendados para el control y erradicación de <i>Achatina fulica</i>.

RESUMEN DE LA INFORMACIÓN SUMINISTRADA

El método recomendado para el control y erradicación de *Achatina fulica*, en este trabajo de investigación comenzó con las cuatro charlas informativas suministradas, las cuales consistieron principalmente en capacitar a los productores de la comunidad de Guatacaral, a través de información completa y sencilla sobre el caracol gigante africano *A. fulica*. Cabe destacar que el método enseñado a los habitantes de la zona de estudio, es el mismo descrito por Raut y Barker (op. cit.)[25] como una forma efectiva de erradicación de la especie.

En este taller, se procedió a buscar sitios donde se observaban caracoles, los cuales se recolectaron manualmente utilizando guantes de látex, tapabocas y botas de goma caña larga, los ejemplares fueron colocados en un pipote que contenía tres litros de agua y 1 litro de cloro y tapados durante dos días, luego fueron enterrados, en un hueco de 50 m², y 30 centímetros de profundidad, se les añadió cal en polvo para evitar algún mal olor. Es importante destacar que a los habitantes de la comunidad de Guatacaral, se les explicó que debían notificar al Instituto Nacional de Sanidad Agrícola Integral (INSAI) sobre la presencia del caracol en el sector, ya que es este instituto el encargado de monitorear constantemente las zonas donde existe evidencias del gasterópodo, para así poder controlar esta plaga en su fase de huevo y juvenil, puesto que este instituto y otros adscritos al Ministerio de Agricultura y Tierras (MAT), los ha logrado controlar satisfactoriamente, con el nemátodo (*Heterorhabditis bacteriophora*), el cual es inoculado en el cuerpo del caracol y de esta manera les causa la muerte.

Además se les explicó las medidas que se deben seguir para protegerse de las enfermedades que puede causar este molusco, entre las cuales están:

- Evitar el contacto directo con la baba y heces del caracol, especialmente con ojos, nariz y boca. Es decir, no tocarlos. Pero si tocó un caracol, lavar inmediatamente sus manos. También hacerlo luego de tocar superficies que pueden haber estado en contacto con la baba del caracol.
- Usar guantes, tapabocas y botas al momento de la recolección. Los guantes también deben ser enterrados o quemados.

- No permitir que los niños participen en la captura de los caracoles.
- No triturarlos.
- Eliminar cualquier elemento que pueda ser utilizado como refugio para el caracol.
- Desmontar y limpiar los terrenos baldíos.
- No botar los caracoles en cuerpos de agua.
- No botar los caracoles en la basura.
- Jamás tener estos caracoles como mascotas o adornos.
- Jamás consumirlos.
- Lavar con abundante agua las frutas y verduras que se van a ingerir.
- No utilizar venenos contra el caracol, ya que pueden afectar a niños, mascotas o fauna nativa.
- No trasladar caracoles hacia otras zonas.
- Tener precaución al trasladar plantas u otros elementos del hogar donde los caracoles o sus huevos podrían alojarse.

Fuente: (Senasa-Argentina, 2013)[28].

Todas las charlas educativas fueron impartidas en la sala de batalla socialista “Nellys Calles” sede del Consejo Comunal de la localidad, y el taller teórico práctico en la parcela del señor Ángel Benítez, obteniéndose buena receptividad y motivación. Se contó con el apoyo de facilitadores especialistas del Instituto Nacional de Tierras del estado Sucre, quienes continuarán con las actividades de seguimiento para asegurar a largo plazo los objetivos propuestos.

Para, Leff, Argueta, Boege y Por-gonçalves (2002) “Constituye la especie humana el principal agente transformador de su entorno, por ende, su educación y capacitación continua reviste fundamental importancia, para que esta pueda desarrollarse en armonía con el medio ambiente”. Por lo que la capacitación como un proceso interactivo permite espacios de discusión y diálogo en el que los actores sociales y participantes intercambian experiencias y aprenden a desaprender para apropiarse de las mejores prácticas. En este aprendizaje se deberán buscar constantemente conocimientos que se apliquen y conformen, que se transmitan y la convierta en proceso dentro del cual quedan implicados todos los sujetos que se van incorporando al proyecto común. “El aprendizaje por parte de los actores sociales aparece en primer plano dentro de la actividad cognoscitiva que la práctica local reclama”. (pp.477-576)[18].

En este sentido las comunidades deben organizarse para contrarrestar la proliferación de este molusco, que causa grandes impactos tanto en la vegetación como en el ser humano. Aunque son varios los sectores implicados desde un punto de vista productivo, este programa tiene además

una fuerte implicación social. En cualquier caso, se considera imprescindible articular medidas de divulgación e interinstitucionales para que por una parte, se puedan difundir los resultados de la investigación realizada, facilitando su empleo en la gestión del medio natural, por parte de las comunidad estudiada y de la propia administración pública y por otra parte, concientizar a la población hacia la conservación de la naturaleza, la protección del medio natural y del ser humano como tal, como un deber social de espacios naturales en buen estado de conservación. La principal meta de este programa es la de establecer las orientaciones a que debe someterse la comunidad de Guatacaral en los años venideros, para tener un control eficaz del caracol gigante africano sobre sus cultivos. Se trata de reducir los impactos negativos que provoca este caracol en la comunidad y llevarlo a otras comunidades aledañas.

Conclusión

Desde que el caracol gigante africano (*Achatina fulica*) fue introducido en Venezuela, ha traído serias consecuencias a nivel agrícola, ambiental y sobre la salud humana, en aquellos sectores donde esta especie proliferan fácilmente. Es por ello que se deben tomar medidas extremas para el control y erradicación de esta plaga en Venezuela. Los habitantes de la comunidad de Guatacaral deben contar con la información necesaria para enfrentar esta situación que se acrecienta en épocas de lluvia en el sector.

Recomendaciones

1. Promover de manera continua, apoyados con los consejos campesinos de la zona, programas de capacitación en cuanto al control del caracol gigante africano *Achatina fulica*, de manera tal que puedan conservar los cultivos, el ambiente y la salud de sus habitantes.
2. Promover la creación de espacios de comunicación y participación ciudadana que contribuyan al conocimiento para poner en práctica este programa de capacitación involucrando a todos los actores sociales de la parroquia San Juan, extendiéndolo posteriormente a otras parroquias del estado Sucre.

Bibliografía

- [1] Adams, R. (2011). *Aprovechar los medios de comunicación social para la captación e involucración del actual panelista*. Investigation y Marketing.
- [2] Aguirre, A. y Mendoza, A. (2009). *Especies exóticas invasoras: Impactos sobre las poblaciones de flora y fauna, los procesos ecológicos y la economía*. 2da. Edición. Editorial Conabio. México.
- [3] Amaya, I.; Fajardo, M.; Morel, C.; Blanco, Y y Devera, R. (2014). Enteroparásitos de interés médico en ejemplares de *Achatina fulica* capturados en Ciudad Bolívar, estado Bolívar,

- Venezuela. *Rev. VITAE*. 1-13 pp. Recuperado de http://vitae.ucv.ve/index_pdf.php?module=articulo_pdf&n=4915&rv=110. Consulta: 01/06/2015.
- [4] Arias, F. (2012). *El proyecto de Investigación*. (6ta ed). Editorial Episteme.
 - [5] Balestrini, M. (1998). *Como se Elabora el Proyecto de Investigación*. Consultores Asociados, Editorial: Caracas BL.
 - [6] Barnes, R. (1991). *Invertebrate Zoology*. Saunders College Publishing. 5ta. ed).
 - [7] Bichos. J. (2007). Blog naturaleza educativa. *Caracoles Voraces enemigos de Jardín*. . Recuperado de <http://www.natureduca.com/blog/?p=152>. Consulta: 05/06/2015.
 - [8] Carvalho, O.; Teles, H.; Mota, C.; Mendonça, L. y Lenzi, H. (2003). Potential of *Achatina fulica* Bowdich, 1822 (Mollusca: Gastropoda) as intermediate host of the *Angiostrongylus costaricensis* Moreira y Cespedes. *Rev. da Sociedad Brasileira de Medicina Tropical*. (36), 743-745.
 - [9] Civeyrel, L. y Simberloff, D. (1996). A tale of two snails: is the cure worse than the disease. *Rev. Biodiversity and Conservation*. (5), 1231-1252.
 - [10] Correoso-Rodríguez, M. (2006). Estrategia preliminar para evaluar y erradicar *Achatina fulica* (Gastropoda: Achatinaceae) en Ecuador. *Boletín Técnico 6, Serie Zoológica* (2),45-52.
 - [11] Craze, P. y Mauremootoo, J. (2002). A test of methods for estimating population size of the invasive land snail *Achatina fulica* in dense vegetation. *Journal of Applied Ecology*. (39), 653-660.
 - [12] Cuellar, R. (1986). *Helicicultura. Cría moderna de caracoles*. (Primera ed.). Ediciones Mundi. Madrid-España.
 - [13] Cuellar R., Cuellar, L. y Pérez, T. (1991). *Helicicultura. Cría moderna de caracoles*. Mundi-Prensa. Madrid. 101 pp.
 - [14] Guillén, E. (23 de mayo de 2009). Caracoles Africanos como plaga potencial y riesgo para la salud en Venezuela. *El Universal*, p. 5.
 - [15] Fernández A. (2007). Informe Técnico: Presencia del caracol gigante africano *Achatina fulica*(Mollusca: Gastrópoda); una potencial amenaza para la agricultura, la sanidad pública y el equilibrio ecológico. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. Maracay, estado Aragua. p. 7.
 - [16] Figueredo, N. (1996). *Estudios Preliminares sobre la Cría, Producción y Consumo del Caracol Africano de Jardín Achatina fúlica en Maracay, estado Aragua*. Tesis de Grado. Universidad Central de Venezuela, Facultad de Agronomía, Escuela de Agronomía.

Venezuela.

- [17] Ojasti, J. (2001). Especies exóticas invasoras. Estrategia regional de biodiversidad para los países del trópico andino. Convenio de cooperación técnica no reembolsable ATN/JF-5887-Rg can – Bid. Caracas – Venezuela.
- [18] Leff, E.; Argueta, A. Boege, E. y Por-gonçalves, C. (2002). Más allá del desarrollo sostenible: La construcción de una racionalidad ambiental para la sustentabilidad, una visión desde América Latina. *Perspectivas de América Latina y el Caribe*. 477-576 pp.
- [19] Liboria, M.; Morales, G. Sierra, C.; Pino, I. y Luz, A. (2010). Primer hallazgo en Venezuela de huevos de Schistosoma mansoni y de otros helmintos de interés en salud pública, presentes en heces y secreción mucosa del molusco, *28(3)*, 383-394.
- [20] Linares, E.; Avendaño, J.; Martínez, A. y Rojas, A. (2013). El caracol gigante africano, un visitante indeseado. Mini guía de campo Instituto de Ciencias Naturales. Universidad Nacional de Colombia.
- [21] Lowe, S.; Browne, M.; Boudjelas, S. y De Poorter, M. (2004). The Invasive Species Specialist Group (ISSG) a specialist group of the Species Survival Commission (SSC) of the World Conservation Union (IUCN). 100 of the World's Worst Invasive Alien Species. A selection from the Global Invasive Species. 12.
- [22] Martínez-Escarbassiere, R. y Martínez, E. (1997). Nota acerca de la Achatina (Lissachatina) fulica (Bodwich, 1822), peligroso caracol africano (Pulmonata-Achatinidae) introducido en Venezuela. *Acta Biológica Venezolana* 17(1), 37-40.
- [23] Martínez-Escarbassiere, R.; Martínez, E. y Castillo, O. (2008). Distribución geográfica de Achatina (Lissachatina) fulica (Bodwich, 1822) (Gastropoda-Stylommatophora-Achatinidae) en Venezuela. *Memoria Fundación La Salle de Ciencias Naturales*, (69), 93-106.
- [24] Morocoima, A. (7 de agosto de 2011). El caracol gigante se alimenta de las heces de las ratas y por eso se contamina. *El Tiempo*, 4.
- [25] Raut, S. y Barker, G. (2002). Achatina fulica Bowdich and other Achatinidae as Pests in Tropical Agriculture. Pp: 55-114. En: Barker, G. M (Ed.). *Molluscs as Crop Pests*. CAB International.
- [26] Ribas, M.; Vázquez, S.; Laferté, J. y Álvarez, M. (1992). UME para detectar anticuerpos IgG al virus Herpes simple. *Revista Cubana de Medicina Tropical*, (44), 20-27.
- [27] Robinson, D. (2002). IICA Report on Giant African Snails. *Workshop*, (25), 4-5.

- [28] Senasa-Argentina. (2013). Sistema de Prevención, Monitoreo y Control del Caracol Gigante Africano (*Achatina fulica*). Recuperado de <http://www.sinavimo.gov.ar/pagina/sistema-de-prevencion-monitoreo-y-control-delcaracol-gigante-africano-achatina-fulica> Fecha de consulta: 28/11/2015.
- [29] Tamayo, M. (1998). *El proceso de la investigación científica*. (Tercera ed.) México, D.F. Ed. Limusa.
- [30] Thakur, S. y Kumari, R. (1998). Seasonal behaviour of the giant African snail *Achatina fulica* in Bihar. *Journal of Ecotoxicology and Environmental Monitoring*, (8), 153-160.
- [31] Thomé J. y Santos, J. (2001). Novos registros de Veronicellidae (gastropoda, Mollusca) para Itabuna, Bahía, Brasil e sua ocorrência no conteúdo estomacal de serpentes do gênero *Dipsas Laurenti* (Colubridae). *Revta bras. Zool.* 18(1), 301-303.
- [32] Tomiyama, K. (1994). Courtship behaviour of the giant African snail, *Achatina fulica* (Férussac) (Stylommatophora: Achatinidae) in the field. *Journal of Molluscan Studies*, (60), 26-47.
- [33] Unidad de Informática y Comunicaciones (UNICO). (1998). Cría de Caracoles o Helicicultura. Univ. Arturo Prat. Recuperado de <http://www.unap.cl/> Fecha de Consulta: 20/08/2015.

Abundancia y distribución de tallas de *Nerita fulgurans* (Gmelin, 1791) en el biotopo rocoso del sector “El monumento”, Cumaná, Edo. Sucre, Venezuela.

(Abundance and distribution of sizes *Nerita fulgurans* (Gmelin, 1791) in rocky biotopo sector “The monument”, Cumaná, Edo. Sucre, Venezuela)

Mariela del Valle Cova Morales¹, Antulio Servio Prieto Arcas²

Instituto Nacional de Tierras, área: Recursos Naturales¹

Universidad de Oriente, Departamento de Biología²

Cumaná, edo. Sucre, Venezuela

marielacova@gmail.com, aspa2021@hotmail.com

Fecha de recepción: 25/11/2016

Fecha de aceptación: 31/03/2017

Pág: 57 – 72

Resumen

Neritidae, es una de las familias de gasterópodos más abundantes en las costas del Golfo de Cariaco. La presente investigación tiene como objetivo, contribuir al conocimiento de la abundancia y distribución de tallas de *Nerita fulgurans*, en el sector “El Monumento”, estado Sucre. Se ubicaron 5 estaciones, las cuales fueron muestreadas desde noviembre 2013 hasta octubre 2014, utilizando una cuadrata de 0,25 m². Las muestras fueron cuantificadas y pesadas para estimar la abundancia y la biomasa, determinando la longitud total de los organismos, el peso total y seco; y la relación longitud - peso seco. Se recolectaron un total de 5.698 ejemplares. La densidad promedio de individuos (ind) entre estaciones fue 94,97±18,56 ind/m² y de 88,48 ind/m² mensual. La biomasa húmeda presentó un promedio por estación de 110,43±25,15 g/m² y de 110,43±17,94 g/m² mensual. El Anova, indicó diferencias muy significativas (**) en la densidad de *N. fulgurans* en las estaciones y altamente significativas (***) en los meses (P<0,05). La prueba *a posteriori* Duncan, formó dos grupos, el primero constituido por las estaciones 2, 3 y 4 y el segundo por las 1 y 5. La distribución de tallas en las estaciones estuvo comprendida entre 4 y 29 mm de longitud. Las relaciones mensuales entre el peso seco y la longitud total de la concha de los organismos fueron altamente significativas*** (P<0,001); con valores del coeficiente r² que fluctuaron desde 0,26 hasta 0,88. Las pendientes (b) de las relaciones presentaron su mínimo valor en marzo 2014 y el máximo en mayo 2014. Los máximos valores de abundancia de *N. fulgurans* probablemente se relacionan con el fenómeno de surgencia en el Golfo de Cariaco, mientras que los bajos valores se deben a factores, como la depredación y la distribución espacial que estarían condicionando la presencia de la especie.

Palabras clave: Neritidae, gasterópodos, Golfo de Cariaco, *Nerita fulgurans*, densidad.

Abstract

Neritidae is one of the most abundant gastropod families on the shores of the Gulf of Cariaco. The present research aims to contribute to the knowledge of the abundance and distribution of sizes of *Nerita fulgurans*, in the sector “The Monument”, state of Sucre. Five stations were considered, which were sampled from November 2013 to October 2014, using a square of 0.25 m². Samples were quantified and weighed to estimate abundance and biomass, determining the total length of organisms, total and dry weight; and the dry length-to-weight ratio. A total of 5,698 specimens were collected. The average density of individuals between stations was 94.97 ± 18.56 ind/m² and 88.48 ind/m² monthly. The wet biomass presented an average per season of 110.43 ± 25.15 g/m² and 110.43 ± 17.94 g/m² monthly. The Anova, indicated very significant differences (**) in the density of *N. fulgurans* in the seasons and highly significant (****) in the months ($P < 0.05$). The Duncan test, formed two groups, the first constituted by stations 2, 3 and 4 and the second by 1 and 5. The distribution of sizes in the stations ranged between 4 and 29 mm in length. Monthly relationships between dry weight and total shell length of organisms were highly significant *** ($P < 0.001$); with values of the coefficient r^2 that fluctuated from 0.26 to 0.88. The slopes (b) of the relationships had their lowest value in March 2014 and the maximum in May 2014. The maximum values of abundance of *N. fulgurans* are probably related to the phenomenon of upwelling in the Gulf of Cariaco, while the low values are due to factors such as predation and spatial distribution that would be conditioning the presence of the species.

Keywords: Neritidae, gasteropods, Gulf of Cariaco, *Nerita fulgurans*, density.

Introducción

En el litoral rocoso de las zonas costeras, la distribución de los organismos está condicionada por la influencia de factores físico-químicos (exposición al oleaje, mareas, temperatura, desecación, salinidad, oxígeno, luz y superficie de fijación) y biológicos (competencia, depredación y reclutamiento); permitiendo el comportamiento y las historias de vida de las poblaciones existentes.

Los moluscos constituyen uno de los grupos de invertebrados marinos más abundantes en los ambientes costeros, siendo representantes típicos de las playas arenosas y rocosas, donde abundan plantas fanerógamas y bancos de macroalgas, entre otros (Prieto, Ruíz y García, 2005)[23]. En la zona intermareal la distribución de los organismos está influenciada por la interacción de las mareas; factores físico-químicos y latitudinales, los cuales condicionan su distribución (Díaz y Puyana, 1994[4]; León, 1997[13]). Dentro del Phylum Mollusca, la clase Gastropoda es la más extensa de los moluscos, siendo descritas más de 120.000 especies

vivientes, de las cuales 35.000 son fósiles (Kenneth, 1993[12]). En esta clase se encuentra la familia Neritidae (Rafinesque, 1815) que presenta una concha globular gruesa, con abertura amplia, espiras muy bajas, último giro y abertura grandes, columela ancha y plana; opérculo calcáreo, con una pequeña proyección no visible cuando el animal está retraído, el labio externo es dentado en su interior. Dentro de los nerítidos, el género *Nerita* es el único prosobranchio primitivo que ha colonizado los entornos salados y de agua dulce sobre las rocas de la zona intermareal, alimentándose de microalgas bentónicas que crecen sobre ellas (Pointier y Lamy, 1998[21]).

Nerita fulgurans (Gmelin, 1791) presenta una concha de tamaño pequeño-mediano (25 mm), ornamentada con numerosos cordones, espirales delgados, coloración difusa con manchas marrones, negras, grises y amarilla; presenta dos dientes pequeños en la columela, y un opérculo gris o marrón claro. Es una especie muy abundante en la zona intermareal rocosa, también en zonas de salinidad algo reducida y se distribuye en el Atlántico continental desde Bermudas y Florida hasta Brasil(Díaz y Puyana, ob.cit[4]). (Figura 1).



Figura 1: Ejemplares recolectados en el área de estudio. (Fotos: Mariela Cova, 2014)

En la región oriental, específicamente en el golfo de Cariaco se han realizado numerosos estudios sobre los factores bióticos y abióticos, debido a que es un área con diferentes tipos de sustrato (arenoso, lodoso, arenofangoso y rocoso), sobre los cuales se asientan varias comunidades de invertebrados marinos, siendo los moluscos gasterópodos uno de los grupos más abundantes, sin embargo, la familia Neritidae ha sido poco estudiada, por lo que existe escasa información en Venezuela (Mille, Parra y Pérez, 1993[18]; Margalef, 1995[14]; Giraldo y Gómez, 1999[10]; Jiménez, Márquez y Díaz, 2004[11]; Fernández y Jiménez, 2007[6]). Por lo anteriormente expuesto y con el fin de ampliar las bases para posteriores estudios de la especie objeto de investigación, se analizó la abundancia, biomasa y distribución de tallas de *Nerita fulgurans*, la cual se encuentra ampliamente distribuida en el biotopo rocoso del sector “El Monumento”, Cumaná, estado Sucre, Venezuela.

Materiales y métodos

Área de estudio

El área de estudio se encuentra ubicada en el Golfo de Cariaco, donde se establecieron cinco estaciones de muestreo (Figura 2). Todas las estaciones presentaron un litoral rocoso, con

muy poca influencia de la acción del oleaje, por estar protegidas dentro del golfo. El clima es húmedo tropical con vientos predominantes en dirección este-oeste desde noviembre hasta mayo con un bajo régimen lluvioso y un máximo entre agosto y octubre. El rango mareal es muy bajo, oscilando entre 10 y 20 cm con una surgencia costera entre los meses de fuertes vientos (enero-abril), originando variaciones en la temperatura superficial de hasta 10°C. Además el área de estudio se encuentra intervenida con un alto grado de contaminación por la influencia de aguas servidas (Fernández, 2006[5]).



Figura 2: Ubicación geográfica de las estaciones muestreadas dentro del área de estudio.
Fuente: Google earth

Metodología de campo

Se realizaron varios recorridos por el área de estudio, a fin de tomar fotografías y determinar los puntos de coordenadas (UTM Huso 20), utilizando un GPS marca Garmin, modelo MAP 76-C, bajo el datum horizontal Regven (Tabla 1).

Tabla 1: Puntos de coordenadas tomados con GPS en cada estación muestreada.

ESTACIONES	NORTE	ESTE
E1	1158520	370459
E2	1158632	371132
E3	1158592	372085
E4	1158047	374167
E5	1157983	375201

Se demarcó un transepto único desde el borde externo de la marina, hasta el borde marino ubicado antes del ambulatorio “Salvador Allende”. A lo largo de este transepto, se ubicaron cinco estaciones con características generales similares, pero particulares diferentes, es decir:

Estación 1. Litoral rocoso de poca extensión con grandes rocas expuestas, fuertes vientos que soplan de noreste a sur oeste, los cuales generan gran oleaje.

Estación 2. Litoral rocoso de gran extensión con moderadas rocas expuestas, oleaje moderado, al lado derecho de esta estación se encuentra la desembocadura del canal de aguas servidas proveniente de la Urbanización “Parcelamiento Miranda”.

Estación 3. Litoral rocoso de gran extensión con moderadas rocas expuestas, oleaje moderado, alto contenido de materia orgánica descompuesta, producto de la venta de pescado, al lado izquierdo de esta estación se encuentra la desembocadura de un tubo de aguas servidas proveniente de la Urbanización “Los Chaimas”.

Estación 4. Litoral rocoso de gran extensión con grandes rocas expuestas, oleaje moderado, al lado derecho de esta estación se encuentra la desembocadura de un canal de aguas servidas proveniente del barrio “Las Pepitonas” cerca del centro médico de la ciudad de Cumaná.

Estación 5. Litoral rocoso de poca extensión con medianas rocas expuestas, fuertes vientos, poco oleaje, ya que esta estación se encuentra protegida por las estructuras (viviendas) posteriores a esta, antes del ambulatorio Salvador Allende.

Las muestras fueron recolectadas en horas diurnas, mensualmente en cada una de las estaciones, entre noviembre 2013-octubre 2014 por un período de un año, para lo cual se utilizó una cuadrata de 0,25 m², recolectando en puntos al azar en forma continua, raspando la superficie con una espátula, tomando todo el material presente encima y debajo de las rocas de forma manual. Los organismos colectados fueron colocados en bolsas plásticas etiquetadas, y trasladadas al Laboratorio de Ecología de Poblaciones de la Universidad de Oriente, Núcleo de Sucre.

Las muestras se colocaron en envases de vidrio (identificados con la estación y fecha de recolecta), conteniendo una solución de formalina marina al 10 %. Los organismos se identificaron con la ayuda de las claves taxonómicas (Díaz y Puyana, ob.cit[4]; Pointier, ob.cit[21]) y los presentes en cada cuadrata por estación mensual fueron cuantificados, con el fin de estimar la abundancia (N) (Margalef, ob. cit[14]), midiendo la longitud total (Lt) con un vernier de 0,1 mm de precisión, luego se pesaron en una balanza analítica de 0,001 g de precisión,

para determinar la biomasa húmeda, mediante el peso con concha de cada uno expresadas en gramos (g). Se construyeron histogramas de frecuencias mensuales, para determinar la distribución de tallas de *N. fulgurans* y a los datos de densidad y biomasa de organismos se les aplicó un análisis de varianza doble (Anova Multifactorial) y se homogeneizaron todos los datos para las comparaciones de los valores medios. Para determinar si existían diferencias significativas entre los datos obtenidos se aplicó la prueba *a posteriori* Duncan, con un nivel de significación de 0,05 (Sokal y Rohlf, 1995[26]).

Para determinar la relación entre la longitud total (Lt) con el peso seco (Ps), se midió la longitud total (Lt) ($\pm 0,01$ medida desde el ápice hasta el borde inferior de la concha) a 40 organismos mensuales, distribuidos en todas las tallas determinando el peso seco (Ps) de los tejidos blandos deshidratándolos en una estufa a 60°C por 75 h y luego pesados en una balanza analítica (g). Las relaciones de estos valores fueron expresadas con la ecuación $Pt = a Lt^b$, donde Pt representa el peso en gramos, Lt la longitud total, a y b son las constantes, ajustada por el método de los mínimos cuadrados (Wilburg y Owen, 1964[29]). La significancia estadística de la correlación se estimó utilizando el método de Hotelling (Sokal y Rohlf, ob.cit[26]).

Resultados

Se recolectó un total de 5.698 ejemplares, con una biomasa húmeda total de 6.625,73 g, observándose una abundancia homogénea durante los meses de muestreo, evidenciándose las mayores densidades en febrero-2014 con 103,4 ind/m² y julio-2014 con 108 ind/m² y las menores en noviembre-2013 con 76,2 ind/m² y diciembre-2013 con 77,8 ind/m². La biomasa húmeda presentó los valores más altos en los meses de mayo-2014 (128,02 g/m²) y julio-2014 (132,89 g/m²), los más bajos durante noviembre-2013 (86,05 g/m²) y octubre-2014 (87,38 g/m²) (Figura 3).

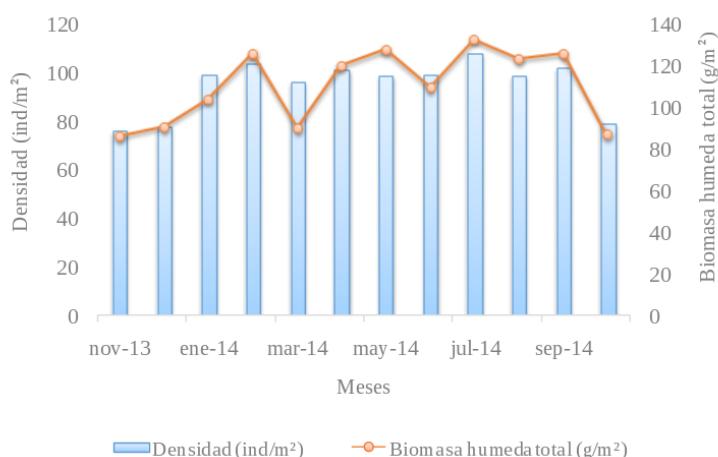


Figura 3: Densidad y biomasa húmeda total mensual de *Nerita fulgurans* recolectadas en las estaciones del biotopo rocoso del sector “El Monumento”, Cumaná, edo. Sucre, Venezuela.

Se observaron diferencias en la abundancia de *N. fulgurans* en las estaciones muestreadas, con una mayor densidad en las 1 y 5 con relación a las tres restantes. Con respecto a la biomasa húmeda total de *N. fulgurans* en las estaciones se observó una homogeneidad entre las 2, 3 y 4 así como entre la 1 y la 5, con un promedio de 110,43 g/m², con valor mínimo en la estación 2, de 90,98 g/m² y máximo en la 5, con 146.29 g/m² (Figura 4).

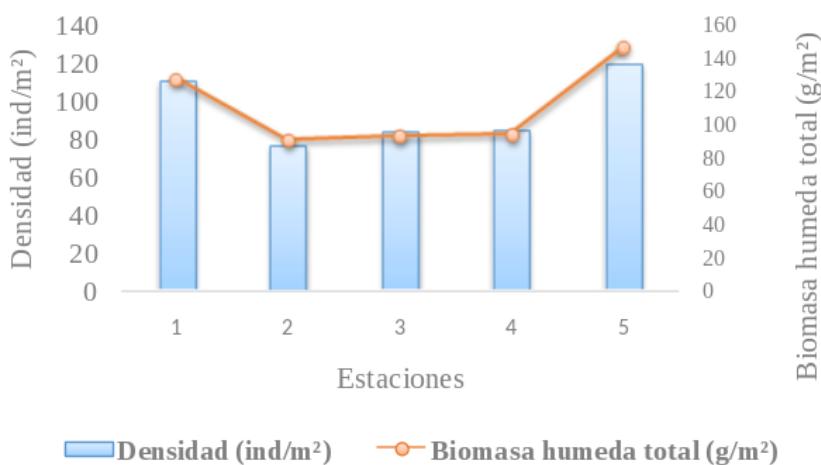


Figura 4: Biomasa húmeda de *Nerita fulgurans* en cada estación en el biotopo rocoso del sector “El Monumento”, Cumaná, edo. Sucre, Venezuela.

El análisis estadístico (Anova Multifactorial) indicó diferencias muy significativas (**) en la densidad de *N. fulgurans* entre las estaciones y altamente significativas (***) entre los meses ($P<0,05$) (Tabla 2).

Tabla 2: Análisis de variancia doble (Anova) aplicado a la densidad de *N. fulgurans* entre las estaciones y meses muestreados en el biotopo rocoso del sector “El Monumento”, Cumaná, edo. Sucre, Venezuela.

FACTORES	N	\bar{X}	Fs	P	Probabilidad	Nivel de Significancia
Estaciones	4	94,7	18,55	0,103	0,05	**
Meses	11	88,47	2,67	0,0001	0,05	***

La prueba a posteriori Duncan aplicada a la densidad de *N. fulgurans* en las estaciones indicó la formación de dos grupos totalmente independientes, el primero formado por las estaciones 2, 3 y 4 y el segundo por las estaciones 1 y 5. El primer grupo con valores bajos de 77,08 ind/m²; 83,58 ind/m² y 84,58 ind/m² respectivamente, mientras que el segundo grupo presentaron los mayores valores 110,67 ind/m² y 118,92 ind/m², con un promedio total para las estaciones de $95,22 \pm 18,53$ (figura 5).

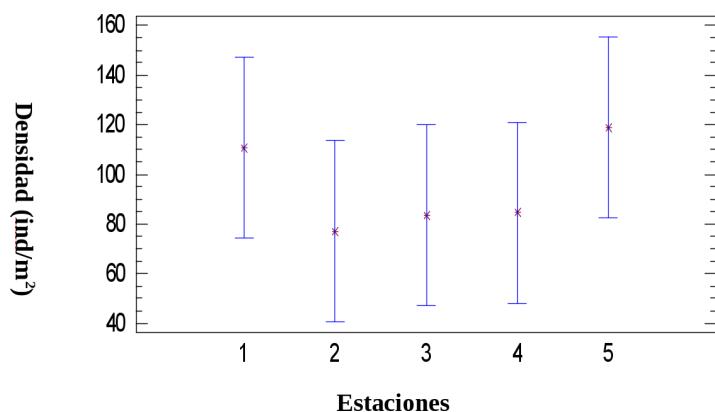


Figura 5: Representación gráfica de los grupos formados en la prueba a posteriori Duncan aplicada a la densidad de *N. fulgurans* en las estaciones muestreadas en el biotopo rocoso del sector “El Monumento”, Cumaná, edo. Sucre, Venezuela.

La prueba a posteriori Duncan aplicada a la densidad de *N. fulgurans* en los meses, $\bar{X} = 94,97 \pm 10,90$ arrojó como resultado la formación de tres grupos superpuestos, el primero formado por los meses noviembre, diciembre-2013 y octubre, marzo-2014, el cual presenta los valores más bajos; el segundo grupo formado por los meses diciembre-13 y octubre, marzo, mayo, agosto, enero y junio-2014 y un tercer y último grupo constituido por los meses mayo, agosto, enero, junio, abril, septiembre, febrero y julio-2014, observándose los mayores valores de densidad en los últimos cuatro meses señalados (figura 6).

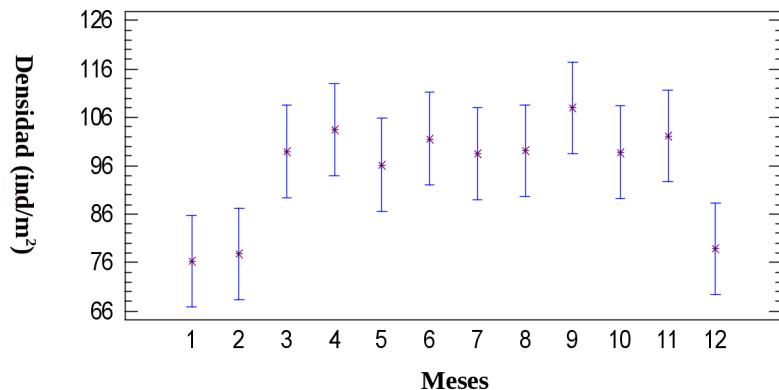


Figura 6: Representación gráfica de los grupos formados en la prueba a posteriori Duncan aplicada a la densidad de *N. fulgurans* en los meses muestreados en el biotopo rocoso del sector “El Monumento”, Cumaná, edo. Sucre, Venezuela.

Con relación al ANOVA aplicado a la biomasa húmeda de *N. fulgurans*, en las estaciones y meses, se detectaron diferencias altamente significativas (***) para ambos factores ($P < 0,05$) (Tabla 3).

Tabla 3: Análisis de variancia doble (Anova) aplicado a la biomasa húmeda de *N. fulgurans* en las estaciones y meses muestreados en el biotopo rocoso del sector “El Monumento”, Cumaná, edo. Sucre, Venezuela.

FACTORES	N	\bar{X}	Fs	P	Probabilidad	Nivel de Significancia
Estaciones	4	110,43	29,15	0,0001	<0,05	**
Meses	11	110,43	6,18	0,0001	<0,05	***

La prueba de Duncan aplicada en las estaciones muestra la formación de dos grupos independientes, el primero conformado por las estaciones 2, 3 y 4, el cual presenta los valores medios más bajos (90,98 g/m²; 92,76 g/m² y 94,43 g/m² respectivamente) y el segundo constituido por las 1 y 5 con los mayores valores promedios de biomasa húmeda (127,69 g/m² y 146,30 g/m²), siendo el promedio total de 110,43±25,15 (figura 7).

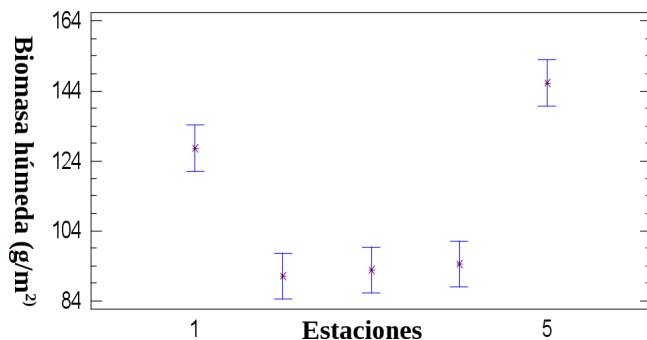


Figura 7: Representación gráfica de los grupos formados en la prueba Duncan aplicada a la biomasa húmeda de *N. fulgurans* en las estaciones muestreadas en el biotopo rocoso del sector “El Monumento”, Cumaná, edo. Sucre, Venezuela.

La prueba Duncan aplicada a la biomasa húmeda de *N. fulgurans* en los meses indicó como resultado la formación de tres grupos superpuestos, el primero formado por diciembre-2013 y enero, febrero y mayo-2014, el cual presenta los valores más bajos; el segundo grupo formado por diciembre-13 y mayo, febrero, marzo, agosto, junio y octubre-2014 y un tercer y último grupo constituido por noviembre-2013 y marzo, agosto, junio, octubre, abril, julio y septiembre-2014, evidenciándose los mayores valores en los cuatro últimos meses, para un promedio total de 110,43±17,94 g/m² (figura 8).

La distribución total de frecuencias de tallas de *N. fulgurans* en las estaciones indica que se encuentra distribuida en un amplio margen de tallas comprendidas entre 4 y 29 mm de longitud total (Lt), observándose mayor predominio de individuos entre los intervalos de 16 a 18 mm, las cuales representaron el 21,94 % de la población total, seguido de los intervalos entre 13-15 mm y 19-21 mm. Las menores frecuencias se observaron en los más pequeños (4-6 mm)

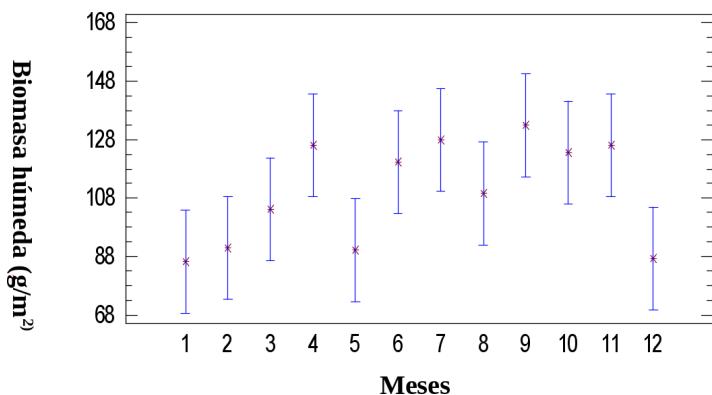


Figura 8: Representación gráfica de los grupos formados en la prueba Duncan aplicada a la biomasa húmeda de *N. fulgurans* durante los meses de muestreo en el biotopo rocoso del sector “El Monumento”, Cumaná, edo. Sucre, Venezuela.

y los más grandes (25-27 mm). Se pudo observar una baja frecuencia hacia los rangos de tallas de 28-30 mm (Figura 9).

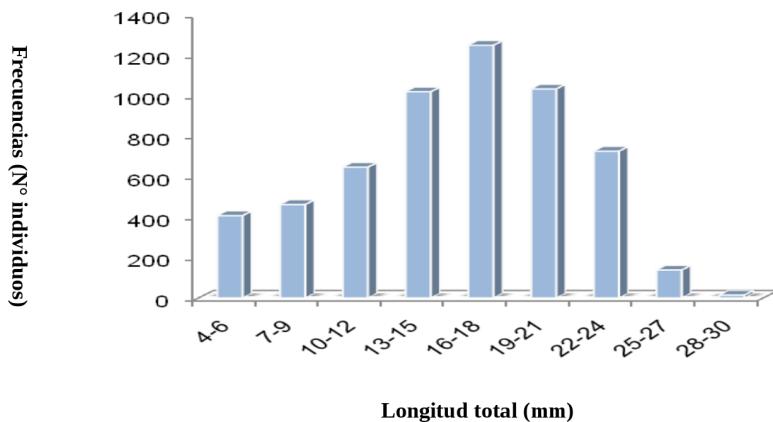


Figura 9: Distribución total de frecuencias de tallas de *Nerita fulgurans* recolectadas en el biotopo rocoso del sector el monumento, Cumaná, edo. Sucre, Venezuela.

Relación longitud total (Lt)-peso seco (Ps)

Todas las relaciones entre el peso seco (Ps) y la longitud total de la concha (Lt) fueron altamente significativas*** ($P<0,001$); los valores del coeficiente de determinación (r^2) fluctuaron desde 0,26 en agosto del 2014 hasta 0,88 en febrero del 2014. Las pendientes (b) presentaron su mínimo valor en marzo 2014 ($b=0,19$) y el máximo en mayo 2014 ($b=2,54$) (Tabla 4), con alometrías negativas, siendo altamente significativas en todos los meses, lo cual indica que existe un incremento del peso de los organismos con relación a su longitud total.

Tabla 4: Relaciones mensuales entre el peso seco de la carne y la longitud en *N. fulgurans* desde noviembre 2013 hasta octubre 2014.

MESES	a	b	r ²	Fs
Noviembre-2013	0,0003	2,14	0,78	***
Diciembre-2013	0,0004	1,26	0,51	***
Enero-2014	0,0004	1,26	0,51	***
Febrero-2014	0,003	1,36	0,88	***
Marzo-2014	0,005	1,19	0,85	***
Abril-2014	0,0003	2,14	0,78	***
Mayo-2014	0,0001	1,54	0,87	***
Junio-2014	0,004	1,31	0,86	***
Julio-2014	0,0010	2,39	0,76	***
Agosto-2014	0,0021	1,77	0,26	***
Septiembre-2014	0,0023	1,38	0,55	***
Octubre-2014	0,0017	1,45	0,50	***

a: intercepto; b: pendiente; r²: coeficiente de determinación.

Discusión

Los biotopos rocosos marinos presentan mejores condiciones, para albergar la mayor cantidad de organismos capaces de sobrevivir en estos ambientes. En tal sentido, los moluscos dominan a menudo las costas intermedias expuestas, pues estas presentan una amplia diversidad de factores incidentes, tales como físico-químicos (exposición del oleaje, temperatura, desecación, salinidad, oxígeno disuelto, luz y superficie de fijación), biológicos (competencia, depredación y reclutamiento) y la interacción de las mareas (Dexter, 1983[3]). La variación espacial y temporal de estos factores determinan las características, distribución y comportamiento de las poblaciones existentes (Garrity y Levings, 1981[8]). Debido a esta amplia gama de características, los gasterópodos se adaptan muy bien, tanto, que les permite ser el grupo más variado y abundante dentro del phylum moluscos, y las neritas constituyen uno de los grupos de gastrópodos característicos del litoral rocoso, ya que presentan adaptaciones para adherirse a sustratos duros y soportar fuertes oleajes (Mille, et al, ob. cit[18]).

En términos generales la densidad expresada en número de individuos por unidad de área es alta y se interpreta como una respuesta cuando el tamaño y la tasa metabólica de los individuos de la población son relativamente uniformes (Odum y Barret, 2006[20]), lo cual se comprueba por la gran cantidad poblacional en área escasa relativa, y demuestra que se dan condiciones necesarias para que *N. fulgurans* pueda subsistir. Los gasterópodos intermareales como neritas y litorinas se encuentran expuestos a grandes grupos principales de depredadores que incluyen peces, crustáceos, aves y gasterópodos carnívoros. La intensidad de predación natural puede afectar directamente la densidad de las poblaciones de gasterópodos en la zona intermareal tropical (Garrity, ob. cit[8]).

Los resultados de estudios realizados sobre diferentes comunidades de moluscos indican la importancia de estos organismos en dichos ecosistemas (Prieto, Sant, Méndez y Lodeiros, 2003[24]). La condición y el tipo de sustrato en los cuales habitan los moluscos caracterizan a dichas comunidades, haciéndolas diferentes dentro de una misma región (Villafranca y Jiménez, 2004[28]).

En los meses donde se observaron las mayores abundancias en número de organismos, fueron febrero y julio de 2014, la masa de agua del Golfo de Cariaco, presenta un enriquecimiento como consecuencia del fenómeno de surgencia característico de la región tropical, el cual permite un aporte considerable de oxígeno, materia en suspensión y mayor abundancia de fitoplancton (Ferráz, 1987[7]). También, recibe un importante aporte de agua dulce del río Manzanares, rica en nutrientes (Martínez, 2002[17]). Esta condición es utilizada directamente por los organismos filtradores e indirectamente por los raspadores a través de las redes tróficas, los cuales aprovechan estas características para la fijación de sus larvas y juveniles, reflejándose en un aumento en el número de los mismos, por lo cual, los máximos de abundancia posiblemente estén están relacionados con la presencia de la surgencia. Los bajos valores podría deberse a factores, como el tipo de muestreo y a otras características del sustrato que estarían condicionando la presencia de *N. fulgurans* y por tanto su influencia en la variación de la abundancia de individuos en los diferentes meses de muestreos. Se ha sugerido por otra parte que el aumento de sedimentos y la materia orgánica en la zona intermareal pueden obstruir las branquias de estos gasterópodos ocasionando mortalidad en la población (Gilinsky, 1984[9]).

Resultados de otras investigaciones en moluscos en el Golfo de Cariaco por diversos autores señalan como los meses de mayor fijación y desarrollo para estos organismos, la época que coincide con los períodos de surgencia y afloramiento [Prieto et al[24]; Tejera, Oñate, Núñez y Lodeiros, 2000[27]; Márquez y Jiménez, 2002[16]].

Las mayores abundancias observadas en las estaciones 1 y 5, posiblemente se deba a que éstas se encuentran más protegidas que las restantes estaciones (2, 3 y 4), proporcionándoles condiciones favorables. Esto indica que a pesar de su cercanía, las franjas litorales son hábitats de condiciones variables y extremas debido a la sinergia de factores físicos al que se somete la especie que interactúa con el ambiente (Mazenett, Quintero y Castro, 2012[19]). En Venezuela la distribución de los organismos en zonas o franjas, está influenciada en el límite superior del litoral, por variables físicas, como temperatura, desecación y oleaje, y en el límite inferior, por interacciones biológicas, como competencia y predación (Williams, 1994[30]; Sant, y De Grado, 1997[25]).

Se podría hipotetizar que los máximos valores de abundancia en las estaciones protegidas (1 y 5), se deben a diferencias en el asentamiento y reclutamiento, y se deben a perturbaciones en pequeñas escalas y factores físicos como diferentes grados de exposición al oleaje, y diferentes regímenes de temperatura los cuales influyen en la estructura trófica de las comunidades de sustratos rocosos, que han sido señalados de gran importancia tanto en regiones templadas como tropicales (Prieto et al, ob.cit[23]).

Durante ambas épocas de muestreo la variación en el número de organismos se mantuvo más o menos homogénea, esto pudiera deberse a las condiciones climáticas del área de estudio,

las cuales son poco cambiantes. Así la estructura de la comunidad se mantiene constante a través de todo el año, observándose que las asociaciones o núcleos detectados en cada zona pueden conformar entidades ecológicamente semejantes en el litoral rocoso formando una clara zonación vertical (Fernández y Jiménez, ob. cit[6]).

La biomasa húmeda promedio mensual de *Nerita fulgurans* fue de $110,43 \pm 25,15$ g/m², observándose los valores más altos en los meses de mayo-2014 y julio-2014, que probablemente se deba a la atipicidad de los años actualmente, es decir, no se precisa con claridad las épocas de lluvia y sequía. Sin embargo, es importante destacar que durante los meses de mayo, junio y julio 2014, existieron lluvias torrenciales hacia el nacimiento del río Manzanares, el cual crece y arrastra gran cantidad de materia orgánica, desembocando en el Golfo de Cariaco, por lo que hay en éste un mayor aporte de materia orgánica de origen terrígeno y mayor cantidad de alimento disponible para los organismos que allí viven (Ferráz, ob. cit[7]). Tanto la biomasa como la abundancia de esta especie es más alta que la informada para la especie en otra zona del Golfo de Cariaco (Mago, 2011[15]); y muy superiores a las reportadas para *Nerita funiculata*, especie que habita en la zona intermareal de Sinaloa, México (Arzola, Voltolina, Gutiérrez y Flores, 2013[1]) y *N. tessellatta* en el Caribe Colombiano (Mazenett, ob. cit[19]).

De acuerdo a los resultados reportados por Mago (ob.cit[15]), *N. fulgurans* es una especie de crecimiento rápido, alcanzando una talla de 21,54 mm de longitud al año de edad; aunque en zonas del norte, puede alcanzar una longevidad de hasta seis años (Gilinsky, ob. cit[9]). El género *Nerita* posee una gran capacidad adaptativa, permitiendo distribuirse adecuadamente en ambientes litorales, los cuales le permiten un mayor crecimiento y desarrollo. Sus poblaciones pueden persistir a través de bajos períodos de reclutamientos juveniles ya que la longevidad de la especie es suficientemente alta para sobrevivir a varias estaciones sucesivas (Chiussi y Díaz, 2002[2]).

La relación longitud-peso es una descripción importante en la biología de una especie, debido a que aporta información sobre estrategias de crecimiento, estado nutricional y reproducción. Los valores obtenidos en *N. fulgurans* con alometrías negativas indicarían que los gasterópodos presentarían menor ganancia proporcional en peso que en longitud y es muy semejante a la reportada para *N. funiculata* en una zona intermareal de la costa mexicana (Arzola, ob. cit[1]). Esta relación en moluscos se ha relacionado con la actividad reproductiva de las especies y los ciclos metabólicos de engorde en la masa visceral (Prieto, Flores y Lodeiros, 1999[22]).

Conclusión

Nerita fulgurans es una especie de gasterópodo que se encuentra distribuida ampliamente en Venezuela, especialmente en el litoral rocoso del Golfo de Cariaco. La mayor abundancia de *N. fulgurans* se observó en las estaciones 1 y 5, mientras que la menor abundancia se obtuvo en las estaciones 2, 3 y 4. *N. fulgurans* presenta una alta tasa de crecimiento, esto indica que posee una gran capacidad adaptativa a diferentes ambientes.

Los máximos valores de abundancia de *N. fulgurans*, se relacionaron con el fenómeno de surgencia en el Golfo de Cariaco, mientras que los bajos valores podría deberse a factores, como

la depredación y a otras características que estarían condicionando la presencia de la especie y por tanto su influencia en la variación de la abundancia de individuos en los diferentes meses de muestreos.

Bibliografía

- [1] Arzola, J.; Voltolina, D.; Gutiérrez, Y.; Flores, L. (2013). Abundancia y estructura de tallas de *Nerita funiculata* (Mollusca: Gastropoda: Neritidae) en la zona intermareal de las islas de la Bahía de Navachiste, Sinaloa, México. *Universidad y Ciencia*. 29(2), pp. 209-2013.
- [2] Chiussi, R.; Díaz, H. (2002). A laboratory study on the visual and chemical orientation on the gastropod *Nerita fulgurans*, Gmelin, 1791. Mar. Freshwater Behav. Physiol. (35), pp. 167-177.
- [3] Dexter, D. (1983). *Community structure of intertidal sandy beaches in New South Wales, Australia*. In: *Sandy Beaches as Ecosystems*. McLachlan, A. & T. Erasmus (Eds.). W. Junk, The Hague, pp. 451-472.
- [4] Díaz, J. y M. Puyana. (1994). *Moluscos del Caribe Colombiano. Un catálogo ilustrado*. Colciencias, Fundación Natura e INVEMAR, Bogotá. Colombia.
- [5] Fernández, J. (2006). *Zonación de moluscos del litoral rocoso de la costa sur del golfo de Cariaco y costa norte del estado Sucre, Venezuela*(Trabajo de Grado). Universidad de Oriente, Núcleo de Sucre, Venezuela.
- [6] Fernández, J. y Jiménez, M. (2007). Fauna malacológica del litoral rocoso de la costa sur del Golfo de Cariaco y costa norte del estado Sucre, Venezuela. *Boletín Instituto Oceanográfico*, 46(1), pp. 3-11.
- [7] Ferráz, E. (1987). Productividad primaria del Golfo de Cariaco, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela. Univ. Oriente* 26 (1-2), pp. 97-110.
- [8] Garrity, S. y Levings S. (1981). *A predator-prey interaction between two physically and biologically constrained tropical rocky shore gastropods direct, indirect and community effects*. Ecol. Monogr. 51(3), pp. 267-286.
- [9] Gilinsky, N. (1984). Does Archaeogastropod Respiration Fail in Turbid Water. *Paleobiology* (10), pp. 459-468.
- [10] Giraldo, A. y Gómez, C. (1999). Variación en la concha de *Siphonaria gigas* (Sowerby, 1825) como respuesta al efecto de la intensidad de las olas. *Cien Mar* (25), pp. 213–224.
- [11] Jiménez, M.; Márquez, B. y Díaz, O. (2004). Moluscos del litoral rocoso en cuatro localidades del estado Sucre, Venezuela. *Saber* (16), pp. 8-17.

- [12] Kenneth, W. (1993). *Guía de bolsillo de las conchas del mundo*. Omega, S.A. Ediciones. New York, EE.UU.
- [13] León, L. (1997). *Fauna malacológica de los islotes Caribe y Los Lobos*. Publicado por la Gobernación del estado Nueva Esparta, La Asunción, Venezuela. pp: 123-145.
- [14] Margalef, R. (1995). Ecología. Ediciones Omega, S. A. Barcelona, España.
- [15] Mago, M. (2011). *Abundancia, distribución de tallas y crecimiento de Nerita fulgurans Gmelin, 1791 (Mollusca: Gasteropoda) en dos localidades de la costa sur del Golfo de Cariaco, estado Sucre, Venezuela*. Trabajo de grado. Departamento de Biología, Escuela de Ciencias, Universidad de Oriente. Cumaná, Venezuela.
- [16] Márquez. B. y Jiménez, M. (2002). Comunidad de moluscos asociados a las raíces sumergidas del mangle rojo Rhizophora mangle en el Golfo de Santa Fe, Estado Sucre, Venezuela. *Rev. Biol. Trop.* 50(3/4), pp. 1101-1112.
- [17] Martínez, G. (2002). Metales pesados en sedimentos superficiales del golfo de Cariaco, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente*, 41(1-2), pp. 83-96.
- [18] Mille, S.; Parra, M. y Pérez, A. (1993). *Guía para la identificación de invertebrados*. Primera edición. Editorial Trillas, S.A. Distrito Federal, México.
- [19] Mazenett, J.; Quintero, J.; Castro, L. (2012). Estructura poblacional y variabilidad fenotípica de Nerita tessellata (Gastrópoda: Neritidae) en la costa Caribe Colombiana de Santa Marta (Magdalena). *Intropica*, pp. 21-30.
- [20] Odum, E.; Barret, G. (2006). *Fundamentos de Ecología*. Thompson. Quinta Edición. Mexico DF.
- [21] Pointier, J. y Lamy, D. (1998). *Guía de moluscos y caracolas de mar del Caribe*. Grupo Editorial M y G difusión, S.L. Barcelona, España.
- [22] Prieto, A.; Flores, M.; Lodeiros, C. (1999). Madurez sexual e índice de condición en una población del mejillón de fondo Modiolus squamosus (Mollusca: Bivalvia) en Tocuchare, Golfo de Cariaco, Venezuela. *Ecotropicos*, 12(2), pp. 83-90.
- [23] Prieto, A.; L. Ruiz y N. García. (2005). Diversidad y abundancia de moluscos de la epifauna en la comunidad sublitoral de Punta Patilla, Venezuela. *Revista Biol. Tropical* 53(1-2), pp. 135–140.
- [24] Prieto, A.; Sant, S.; Méndez, E. y Lodeiros, C. (2003). Diversidad y abundancia de moluscos en las praderas de Thalassia testudinum de la Bahía de Mochima, Parque Nacional Mochima, Venezuela. *Rev. Biol. Trop* 51(2), pp. 413-426.

- [25] Sant, S. y De Grado, A. (1997). Zonación de un litoral rocoso en la costa sur del Golfo de Cariaco (Quetepe), Estado Sucre, Venezuela. *Saber*, 9(1), pp. 69-75.
- [26] Sokal, R. y Rohlf, F. (1995). *Biometry*. Third Edition. W. H. Freeman. New York.
- [27] Tejera, E.; Oñate, I.; Núñez, M. y Lodeiros, C. (2000). Crecimiento inicial del mejillón marrón (Perna perna) y verde (Perna viridis) bajo condiciones de cultivo suspendido en el Golfo de Cariaco, Venezuela. *Bol. Centro de Invest. Biol.* 34(2), pp. 143-158.
- [28] Villafranca, S. y Jiménez, M. (2004). Abundancia y diversidad de moluscos asociados al mejillón verde Perna viridis (Bivalvia: Mytilidae) en Guayacán, estado Sucre, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela, Univ. Oriente* (43), pp. 65-76.
- [29] Wilburg, K. y Owen, C. (1964). *Growth*. En: Physiology of mollusca. K. M. Wilburg and C. M. Younge (Eds). Academic Press, New York.
- [30] Williams, G. (1994). The relationships between shade and molluscan grazing in structuring communities on a moderately-exposed tropical rocky shore. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* (178), pp.79-95.

Algoritmo de bajo costo de procesamiento para la Detección de Potenciales Tardíos Ventriculares (PTV)

Edinson del C. Dugarte Dugarte¹, Nelson Dugarte Jerez¹, Diego Jugo González¹, Rubén Medina Molina¹, Antonio Alvares Abril², Adolfo F. González², Gabriel Alvarez Juri²

Universidad de Los Andes (ULA), Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Eléctrica¹
Mérida, Venezuela

Universidad Tecnológica Nacional (UTN), Facultad Regional Mendoza (FRM), Instituto
Regional de Bioingeniería (IRB)²
Mendoza, Argentina

edinson0909@gmail.com, ndj0227@hotmail.com, antonioalvarezabril@yahoo.com.ar

Fecha de recepción: 16/08/2016
Fecha de aceptación: 23/02/2017
Pág: 73 – 93

Resumen

El artículo presenta el desarrollo de un algoritmo bajo plataforma de software Libre, que funciona como una herramienta de análisis en la detección de Potenciales Tardíos Ventriculares (PTV) en la señal electrocardiográfica de alta resolución (ECGAR). Las enfermedades cardiovasculares constituyen la primera causa de muerte a nivel mundial. Más del 40 % de los pacientes con alguna patología cardiaca pasan desapercibidos. La detección de los PTV es un marcador indicativo de daño en el miocardio, aun sin la presencia de sintomatología evidente en el paciente. El software desarrollado se basa en un algoritmo estructurado que utiliza algunos métodos novedosos junto con la implementación de procedimientos publicados en las referencias bibliográficas. El software se diseñó para obtener el Vectocardiograma a partir del procesamiento de las señales ECGAR de 12 derivaciones y detectar los PTV a partir del análisis de los vectores resultantes. Los resultados preliminares demuestran la eficiencia del procesamiento, con requerimientos de máquina y tiempo relativamente menores que otros algoritmos publicados. El desarrollo del algoritmo se realizó bajo la plataforma de Ubuntu, utilizando la herramienta de programación gambas para la estructura secuencial y utilizando la herramienta de procesamiento matemático “GNU Octave” para el análisis de señales.

Palabras clave: Potenciales Tardíos Ventriculares, software de análisis de señales, electrocardiograma de alta resolución.

Introducción

En los últimos años, las enfermedades cardíacas representan la principal causa de muerte [1]. Día tras día se realizan innumerables investigaciones en busca de la mejor forma de diagnosticar a tiempo las diferentes enfermedades que afectan el corazón. El estudio mediante electrocardiograma (ECG) permite interpretar el funcionamiento mecánico del corazón en función de la respuesta originada por el desplazamiento de la señal de biopotencial sobre el miocardio [2].

La evaluación médica del electrocardiograma convencional [3], solo muestra patologías cardiacas que son evidentes en la respuesta de la señal captada. En los casos de infarto conocidos, se puede diagnosticar una lesión aguda entre 24 % a 60 % de los pacientes [4]. Más de un 40 % de los pacientes con alguna patología cardiaca pasan desapercibidos, muchos mueren de manera inesperada aun en ausencia de sintomatología de daño cardiaco [5].

Investigaciones modernas en electrocardiología avanzan en la implementación de técnicas y métodos novedosos en el estudio de la señal ECG. La adquisición de la señal electrocardiográfica en un rango ampliado y con mayor resolución (ECGAR) permite análisis más detallados en la detección precoz de patologías cardiacas [4, 5]. Estos análisis se focalizan en las variaciones de amplitud, tiempo y frecuencia, de los componentes de la señal ECGAR. Un estudio particular de las componentes de alta frecuencia del ECGAR mide parámetros, que al cumplir con ciertas características, son indicativos para diagnosticar la presencia de potenciales tardíos ventriculares (PTV) [6, 7]. Los pacientes con presencia de PTV, poseen un alto riesgo de tener eventos de taquicardias ventriculares con posible desencadenamiento de infarto [7].

Antecedentes sobre PTV

En 1973, Boineau J. P. y Col. [8], publicaron sus observaciones en modelos experimentales de infarto al miocárdico, que al colocar micro-electrodos intracavitarios en las áreas isquémicas del miocardio se podía registrar actividad eléctrica retardada y fragmentada, la cual se evidenciaba al final del complejo QRS. A estas ondas eléctricas retardadas, fragmentadas, de bajo voltaje ($1\text{--}25 \mu\text{V}$) y de alta frecuencia (entre 10 y 150 Hz) en relación al contenido de frecuencia usual de la señal, se les denominó Potenciales Tardíos Ventriculares (PTV), debido a que aparecen en la porción terminal del complejo QRS, ver Figura 1 [6].

En 1978 Berbari y col. [9], demostraron que los PTV se podían registrar desde la superficie del cuerpo. Trabajo que fue corroborado posteriormente con las investigaciones de Simson [10]. Desde entonces se han publicado más de 300 trabajos y por lo menos dos libros sobre la detección de PTV [6].

Desde el inicio llamó la atención que los PTV no se registraban en las zonas sanas que rodeaban a las isquémicas. Se planteó entonces que los PTV se producían por trastornos de conducción que ocurren en áreas donde el impulso eléctrico circula lentamente y las cuales podrían constituir parte de los circuitos de re-entrada que, en la mayor parte de los casos, parecen ser el substrato fisiopatológico de las arritmias ventriculares [11]. En vista de lo anterior, se planteó que los PTV podrían detectar la presencia de estos circuitos y, por lo tanto, identificar

a aquellos pacientes con mayor riesgo de sufrir arritmias ventriculares potencialmente letales y muerte súbita [9, 12].

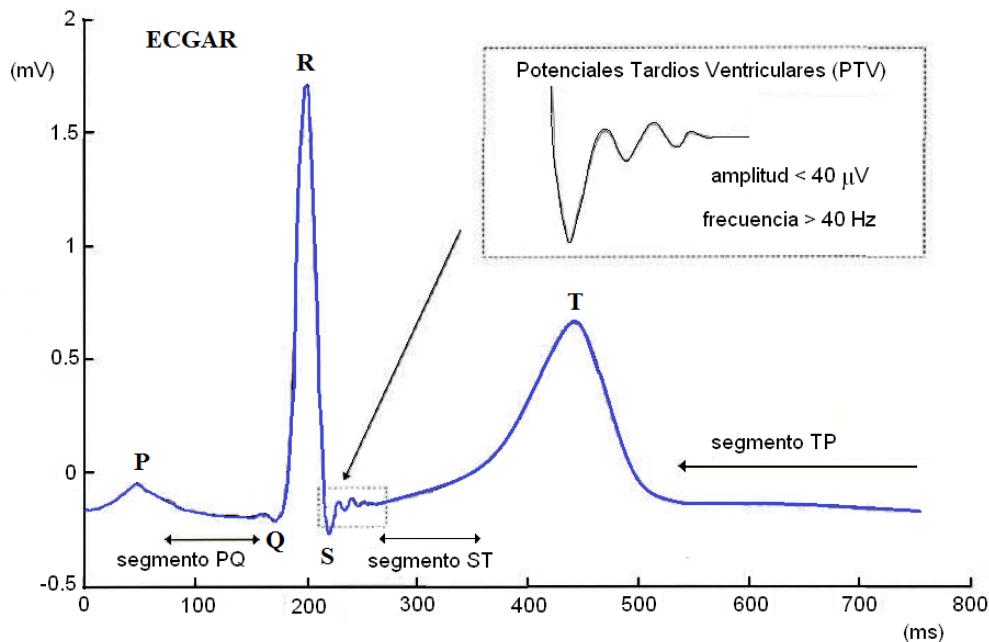


Figura 1: Potenciales tardíos ventriculares en el ECGAR señalados al final del QRS.

Desde que se detectaron por primera vez los PTV, en un registro de superficie, numerosos estudios demostraron que existía una buena correlación con los detectados mediante registros intracavitarios [13, 14]. Los estudios iniciales en humanos, se centran en pacientes afectados de cardiopatía isquémica y se puso de manifiesto que entre los pacientes que han sufrido un infarto miocárdico, los PTV se encuentran con mayor frecuencia en los que desarrollan arritmias ventriculares [10, 11, 12, 15]. Se plantea entonces que la identificación de los PTV podría constituir un factor independiente, predictivo de la aparición de arritmias ventriculares mortales y de muerte súbita en los pacientes que han sufrido un infarto miocárdico [12, 16]. Por esta razón, sociedades americanas y europeas del corazón han establecido su uso como método diagnóstico e indicador del estado de evolución de patologías isquémicas.

Nuevos estudios encuentran que la detección de PTV puede constituir un método de identificación de pacientes con riesgo de desarrollar taquicardias ventriculares (TV), no solo en pacientes infartados sino también en portadores de miocardiopatía y enfermedad eléctrica primaria del corazón [13, 14, 15, 17]. En estos últimos grupos y en la miocardiopatía hipertrófica los resultados no han sido concluyentes [18, 19]. En el síncope de origen desconocido han sido útiles para identificar los pacientes en quienes la causa del síncope son arritmias ventriculares [20]. Así mismo se ha intentado evaluar la eficacia de la terapia trombolítica en el infarto miocárdico, a través del análisis de los PTV, asociándose a una disminución en la

frecuencia y duración de los mismos con reperfusión del vaso afecto [21, 22]. Otros investigadores han reportado la utilidad para la detección de los cambios patológicos difusos del miocardio en el manejo de transplantes del corazón [23, 24].

Debido a que el registro de PTV con microelectrodos intracavitarios implica un método invasivo y costoso, surge la necesidad de nuevos métodos de registro no invasivo, que permitan su aplicación a gran escala en los subgrupos de pacientes cardiópatas con alto riesgo de sufrir arritmias [12, 13, 14, 15]. El desarrollo de instrumentos altamente sensibles para la adquisición del ECGAR y la implementación de técnicas modernas de análisis, han demostrado que si es posible la identificación de PTV a partir de registros adquiridos de forma no invasiva.

Constantemente se publican nuevas técnicas de procesamiento que pretenden la detección de PTV con mayor eficiencia. Como ejemplo se tiene a Laciár y Jané [25], que proponen una técnica basada en mapas espectro temporales para la detección de PTV, o el trabajo de Vildósala y Reyna [26], que obtienen los PTV a partir del análisis con funciones wavelets.

En 1991 Breithardt y col. [27], hace una serie de consideraciones sobre los criterios a seguir en la detección de micropotenciales, en un intento de normalización para el análisis de los PTV. Los estudios se pueden realizar en el dominio del tiempo o en el dominio de la frecuencia. La mayoría de las investigaciones realizan este tipo de análisis en el dominio del tiempo, utilizando las derivaciones bipolares X, Y, Z o vectocardiografía [27, 28, 29].

La vectocardiografía analiza la evolución del vector de polarización durante el ciclo cardíaco. Para ello se emplea el sistema de derivaciones ortogonales definido por Frank [30]. La información que se presenta es la proyección del extremo del vector cardíaco en los planos sagital (Y-Z), frontal (X-Y) y transversal (X-Z), ver Figura 2.

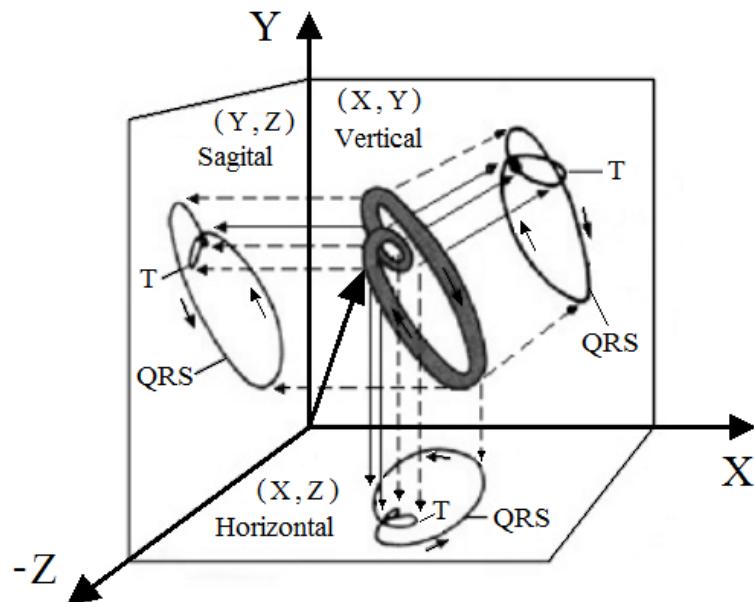


Figura 2: Representación del vectocardiograma en el espacio.

Las figuras que se obtienen a lo largo del ciclo cardíaco son tres anillos irregulares en cada plano, que corresponden a las ondas P, QRS y T. Los parámetros medidos son las áreas de cada anillo, con sus sentidos de giro [30]. El vectocardiograma ayuda a determinar la ubicación de los latidos ectópicos, clarifica los eventos de depresión del ST y verifica el final de la onda T cuando se relaciona con el ECG convencional.

Planteamiento del problema

El problema que se presenta es que existen pocos electrocardiógrafos comerciales que permitan la adquisición de la señal electrocardiográfica multicanal con las características de alta resolución que se requieren para estudios de este tipo. Adicionalmente, los pocos instrumentos comerciales que presentan las virtudes del ECGAR son de costo relativamente elevado, para su implementación como un sistema práctico y de uso masivo en centros de salud.

Estudios realizados desde el año 2009, en conjunto entre el Instituto Regional de Bioingeniería (IRB) de la Universidad Tecnológica Nacional (UTN) en la República Argentina y el Grupo de Ingeniería Biomédica (GIBULA) de la Universidad de Los Andes (ULA) con participación del Centro Nacional de Desarrollo e Investigación en Tecnologías Libres (CENDITEL) en la República Bolivariana de Venezuela, han generado una serie de productos de innovación tecnológica en cuanto al hardware de adquisición del ECGAR de 12 derivaciones y al software de procesamiento, bajo el nombre DIGICARDIAC [31, 32, 33].

El algoritmo desarrollado, se diseñó para utilizar la señal adquirida por el hardware del DIGICARDIAC, pero en las pruebas preliminares de funcionamiento se utilizaron registros de la base de datos de physionet [34]. Se utilizaron estos registros debido a que poseen marcación detallada de los intervalos que conforman el latido, lo cual permite comprobar el funcionamiento de cada etapa en la secuencia del procesamiento.

Metodología

El método propuesto para la obtención de los PTV parte de la adquisición de la señal ECGAR con el instrumento DIGICARDIAC. A partir de la señal captada se inicia el procesamiento da la señal en tiempo diferido. La Figura 3, muestra la presentación gráfica de una de las 12 derivaciones de la señal ECGAR captada con el instrumento DIGICARDIAC.

El funcionamiento del algoritmo inicia con la selección del electrocardiograma de alta resolución, a partir del cual se obtienen los principales marcadores de cada latido en toda la señal, se calculan sus componentes ortogonales, se obtiene una señal promediada para cada componente, se filtran (pasa-banda) y finalmente se calcula el modulo que se representa gráficamente. Los resultados gráficos son presentados con las características esenciales para que el especialista aplique los criterios de evaluación para determinar la presencia de PTV.

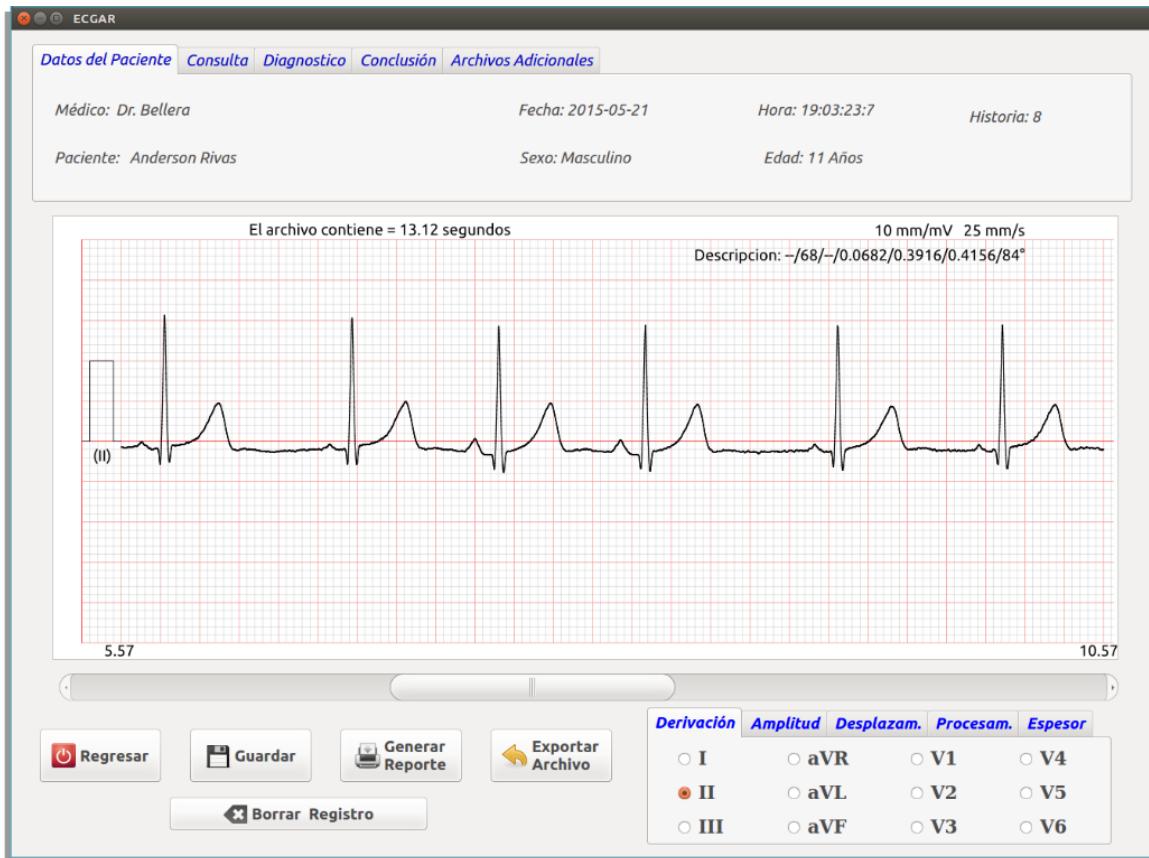


Figura 3: Derivación II de la señal ECGAR adquirida con el instrumento DIGICARDIAC, a un paciente sano.

Adquisición de la señal ECGAR

Considerando que los PTV se manifiestan en el electrocardiograma superficial como una señal de baja amplitud, típica entre 1 a 5 μ V, se presenta la necesidad de un sistema amplificador de muy bajo ruido y alta ganancia. El amplificador utilizado debe cumplir con los estándares fijados por la American Heart Association (AHA) concernientes a los requerimientos de seguridad intrínseca del paciente y protección contra daños por desfibrilación [35]. El ancho de banda recomendable es de 0,5 Hz a 250 Hz. A objeto de atenuar apreciablemente todas las fuentes de ruido de modo común, es necesario que posea una relación de rechazo de modo común de por lo menos 100 dB (CMRR = 100 dB). En la referencia bibliográfica [36], se presenta una descripción detallada del amplificador desarrollado para el prototipo DIGICARDIAC.

El rango típico de entrada a los convertidores A/D es de ± 5 V y además resulta aconsejable trabajar utilizando convertidores de por lo menos 12 bits de resolución. En la referencia bibliográfica [37], se presenta una descripción detallada del amplificador desarrollado para el prototipo DIGICARDIAC.

Estructura del algoritmo desarrollado

El algoritmo se desarrolló bajo plataforma de software Libre “Ubuntu”, utilizando la herramienta de programación gamas (versión 3.8.4) para la estructura secuencial y utilizando la herramienta de procesamiento matemático “Octave” para el análisis de señales. Al ejecutar el software, el trabajo de análisis inicia con una ventana en la cual se permite la selección del archivo a procesar. Seguidamente se ejecuta el procesamiento que conlleva a la obtención gráfica de los resultados. La arquitectura del algoritmo se describe en forma resumida el siguiente listado estructurado del Programa 1.

Programa 1

Selección del registro ECG que se quiere procesar.

Pre-procesamiento del análisis:

Detección de los marcadores de los picos R

Los marcadores hallados son almacenados temporalmente.

Procesamiento para generar resultados del análisis de PTV:

Realizar la corrección de línea de base sobre las 12 derivaciones estándar.

Generar los Vectores X Y Z del vectocardiograma.

Se promedian los latidos de cada vector para reducir el ruido.

Filtrar pasa banda ($f_0 = 40$ a 300Hz) cada vector para hallar PTV.

Filtrar pasa banda ($f_0 = 82$ a 300Hz) cada vector para hallar PTV.

Obtener el modulo $M = \sqrt{X^2 + Y^2 + Z^2}$

Presentación de resultados:

Gráfica vectocardiograma calculado en el eje X

Gráfica vectocardiograma calculado en el eje Y

Gráfica vectocardiograma calculado en el eje Z

Gráfica vectocardiograma presentado en 3 dimensiones

Gráfica magnitud del vector “M” (filtrado)

El primer paso en la ejecución del Programa 1 es seleccionar el archivo. La Figura 4, muestra la ventana de inicio, desde la cual el usuario activa el buscador y selecciona el archivo que desea analizar. En la imagen se muestra el archivo s0028lre seleccionado, el cual pertenece al paciente 008, de la base de datos: *PTB Diagnostic ECG Database (ptbdb)* de physionet. Estos archivos se presentan como registros “.dat” digitalizados con frecuencia de muestreo de 1000 muestras por segundo (mps) y resolución de 12 bits.

Una vez seleccionado el archivo, el usuario debe activar con un click el botón “Medición de Intervalos”. Esto ejecuta el procesamiento en la secuencia establecida hasta obtener los resultados del Pre-procesamiento. Seguidamente se realiza el procesamiento para generar los resultados definitivos.

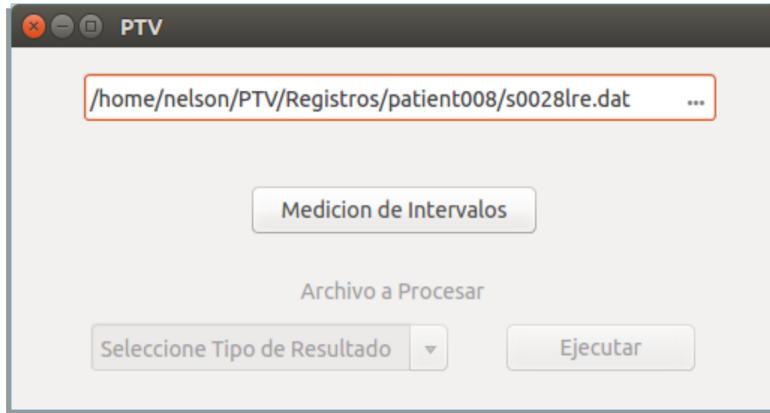


Figura 4: Ventana de inicio del software para detectar PTV.D

Etapa de pre-procesamiento

En esta etapa del software se realiza la detección de los picos R y la corrección de línea de base. La detección de los picos R permite la ubicación precisa de cada latido y la corrección de línea de base se hace con el propósito de reducir los errores que se generan al aplicar la transformación de electrocardiografía de 12 derivaciones a vectocardiograma. Esta etapa del procesamiento se explica en detalle en la referencia bibliográfica [38].

Obtención del vectocardiograma

El sistema se diseñó para analizar señales ECGAR adquiridas bajo el formato estándar de 12 derivaciones correspondientes a la configuración Mason-Likar [39]. Sin embargo, está demostrado matemáticamente que el vectocardiograma se puede obtener a partir de las derivaciones estándar y viceversa. El método más utilizado es la matriz de transformación inversa de Dower [30, 40].

En este método, se asume que el voltaje registrado en la superficie del cuerpo para un instante n se puede aproximar mediante la combinación lineal de L derivaciones, ecuación (1).

$$X_1(n), X_2(n), \dots, X_L(n) \quad (1)$$

De la misma manera, ecuación (2) muestra que los H canales sintetizados se denotan como:

$$Y_1(n), Y_2(n), \dots, Y_H(n) \quad (2)$$

Los niveles de voltaje "Y" son el resultado dado por el producto entre la matriz de Dower (T_{H*L}) y la matriz inversa con los valores instantáneos de las derivaciones adquiridas, tal como se presenta en la ecuación (3).

$$\begin{bmatrix} Y_1(n) \\ Y_2(n) \\ \dots \\ Y_H(n) \end{bmatrix} = T_{H*L} \begin{bmatrix} X_1(n) \\ X_2(n) \\ \dots \\ X_H(n) \end{bmatrix} \quad (3)$$

De la expresión anterior se define que la transformada inversa Dower para la obtención de los vectores X, Y, Z del vectocardiograma se obtiene al realizar el producto de la matriz generada por los vectores I, II, V1, V2, V3, V4, V5, V6 del ECGAR con la matriz (T_{H*L}), mostrada en la ecuación (4).

$$T_{H*L} = \begin{bmatrix} -0.172 & -0.074 & 0.122 & 0.231 & 0.239 & 0.194 & 0.156 & -0.010 \\ -0.057 & -0.019 & -0.106 & -0.022 & 0.0410 & 0.048 & -0.227 & 0.887 \\ -0.229 & -0.310 & -0.246 & -0.063 & 0.055 & 0.108 & 0.022 & 0.102 \end{bmatrix} \quad (4)$$

Reducción de los niveles de ruido en cada vector

Aun con instrumentos muy precisos, existe alta probabilidad de que potenciales inferiores a $5 \mu V$ sean enmascarados por el ruido de diversas fuentes que se genera durante el proceso de registro. Dadas las características de la señal ECG en cuanto a su periodicidad y considerando además las hipótesis planteadas en cuanto al proceso que da lugar a la generación de PTV, en términos de mecanismos de re-entrada [41], es de esperar que los mismos se repitan de manera periódica en cada complejo con morfología invariable [6].

Dada la periodicidad de los PTV en cada latido se aplica la técnica de reducción de ruido por promediación. Esta técnica consiste en realizar un promediado de los latidos cardiacos que se consideren con un mínimo de deformación. Se asume que el ruido presente en la señal no está correlacionado entre un latido y el siguiente, por lo tanto, si se considera aleatorio, se elimina progresivamente al promediar un mayor número de complejos [6].

El procesamiento implementado es idéntico al descrito en la referencia bibliográfica [42], pero aplicado sobre las derivaciones vectoriales. El primer paso del procesamiento consiste en realizar la selección automática de un fragmento del registro que contenga un latido completo, para ser utilizado como plantilla. La ubicación precisa de los intervalos a promediar se realiza comparando la plantilla seleccionada con cada uno de los latidos encontrados. La comparación de la plantilla con el intervalo alineado en la señal original se realiza calculando el coeficiente de correlación de Pearson [6, 42]. El coeficiente de Pearson se puede calcular por medio de la relación dada por la ecuación (5).

$$r_{xy}(i) = \frac{\text{cov}(X, Y)}{\sqrt{\sigma_x^2 * \sigma_y^2}} \quad (5)$$

Donde: $-1 \leq r_{xy}(i) \leq +1$.

La ecuación (5) especifica $r_{xy}(i)$ como el coeficiente de correlación de Pearson, que establece la comparación entre las señales X e Y. Donde X está determinado por el vector que contiene las muestras tomadas como plantilla e Y representa el vector que contiene las muestras del latido en el vector original. El coeficiente de Pearson puede generar valores entre +1 y -1, donde 1 es la correlación positiva total, el 0 indica sin correlación y -1 es total correlación negativa.

Para conservar el máximo de los componentes de interés médico en la señal ECGAR, se asume que todo latido con un valor de correlación inferior a 0,98 tiene una elevada deformación con respecto a la plantilla y por lo tanto se descarta. Si el valor del coeficiente de Pearson es superior a 0,98 se procede a sumar el intervalo obtenido con el vector de acumulación y se incrementa una variable que se utiliza como contador del número de latidos aceptados. Al concluir el ciclo de análisis de un latido, se procede a calcular la correlación de la plantilla con el latido siguiente. Este proceso se repite hasta analizar todos los latidos contenidos en el registro.

Al terminar el procesamiento, se procede a dividir el vector de acumulación entre el número de latidos aceptados en la sumatoria. El resultado presenta la señal correspondiente a un latido cardiaco del vectocardiograma, con alto grado de definición y mínima influencia del ruido. Dado que la morfología de los PTV es repetitiva se considera que no resulta afectada en el latido promediado, por consiguiente, la señal obtenida es representativa del estado patológico del corazón del paciente.

La combinación de los tres vectores obtenidos en el espacio ortogonal permite la representación gráfica del vectocardiograma. La Fig. 5, muestra las gráficas con el resultado de los vectores promediados X, Y, Z, y la representación gráfica tridimensional del vectocardiograma, obtenidos en el procesamiento del archivo s0028lre seleccionado de la base de datos de physionet.

Análisis en el dominio del tiempo para el complejo promediado

Existen varios procedimientos de análisis publicados por los investigadores. Se destaca la metodología propuesta por Simson [10], la cual se resume en tres pasos:

- Los complejos promediados X, Y, Z se filtran pasa-banda para descartar los componentes que no sean de interés en la detección de PTV.
- Los vectores filtrados, se combinan para obtener la magnitud del vector resultante.
- A partir de la magnitud del vector resultante, se evalúan los parámetros que definen la presencia o no de PTV. Tales parámetros son: la duración total del complejo QRS (DTQRS), el valor RMS de la amplitud, correspondiente a los últimos 40 ms del complejo (RMS40) y la duración de las señales de baja amplitud (Amplitud < 40 μ V) en la parte final del complejo QRS.

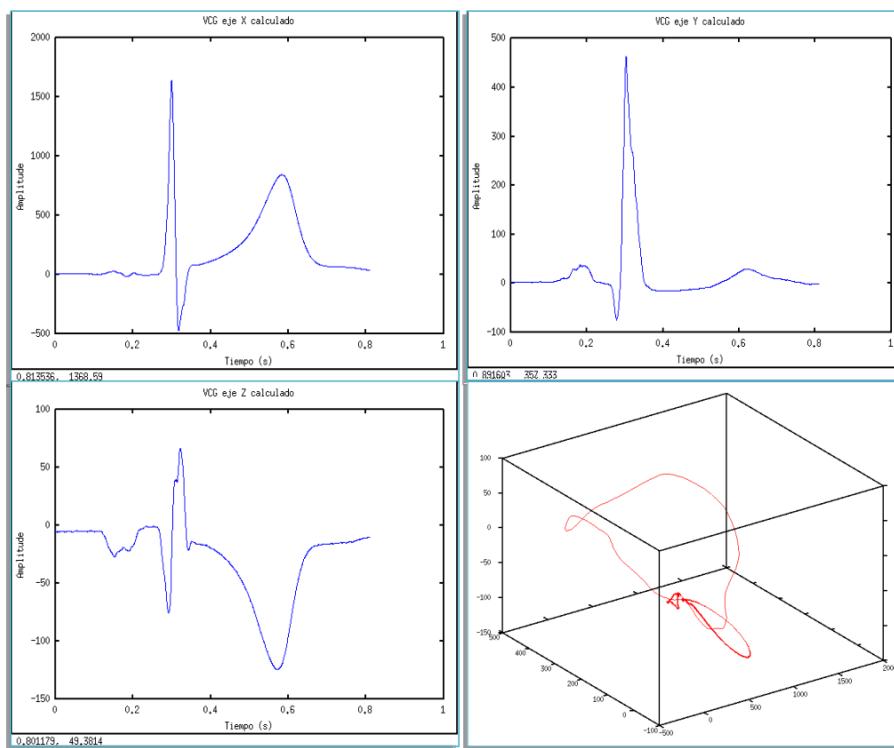


Figura 5: Gráficas resultantes de la promediación de los vectores en los ejes X, Y, Z, y vectocardiograma 3D.

Reducir los componentes que no son de interés

Se considera que solo los componentes frecuenciales que contienen los PTV aportan información de interés médico. El filtraje digital de los vectores promediados, se desarrolla con filtros pasa banda, a objeto de aislar las señales de depolarización ventricular. Según los expertos, Se recomienda que el filtro pasa banda tenga frecuencia de corte entre 40 Hz y 250 Hz, para una frecuencia de muestreo es de 1000 Hz ($fs=1000$ Hz). Si la frecuencia de muestreo es superior a 1000 Hz ($fs>1000$ Hz) se recomienda que el filtro pasa banda tenga frecuencia de corte entre 40 Hz y 300 Hz [10, 43]. Este tipo de filtrado se realiza con el propósito de remover en lo posible las componentes de la señal ECG que reflejan la repolarización, así como la actividad eléctrica de baja frecuencia tanto del intervalo PR como del intervalo ST [44].

El procedimiento de filtrado, aplicado en esta etapa del algoritmo, se realiza en dos partes. En primer lugar se utilizó un filtro digital FIR pasa banda con frecuencias de corte (-3dB) entre 40 Hz y 250 Hz, tal como se recomienda en la literatura. En segundo lugar se utilizó un filtro digital FIR con frecuencias de corte (-3dB) entre 82 Hz y 250 Hz. Se utilizó un filtro de 82 Hz en un procesamiento independiente a la aplicación del filtro de 40 Hz para realizar pruebas comparativas entre los resultados obtenidos. Cabe destacar que cada filtro se aplicó sobre la señal original.

Obtener la magnitud del vector resultante

El paso siguiente en la ejecución del algoritmo descrito en el Programa 1, consiste en combinar el resultado filtrado de los vectores X, Y, Z, para obtener la magnitud de un vector resultante. Dado que las componentes de los vectores X, Y, Z se asumen ortogonales, la magnitud del vector resultante se puede obtener a partir de la ecuación 6.

$$|V_{(t)}| = M = \sqrt{(X^2 + Y^2 + Z^2)} \quad (6)$$

Como en la práctica, no se cumple estrictamente la condición de ortogonalidad de estas tres señales y adicionalmente la relación señal a ruido en tales canales puede ser diferente en cada uno de ellos, la determinación de tal vector pudiera desmejorar la calidad individual de cada uno de los canales [45], pero permite representar la señal de una manera muy compacta, facilitando la detección de los PTV. La Fig. 6, presenta el resultado gráfico de amplitud del módulo “M” en función del tiempo obtenido a partir de los vectores filtrados con frecuencias de corte (-3dB) entre 40 Hz y 250 Hz.

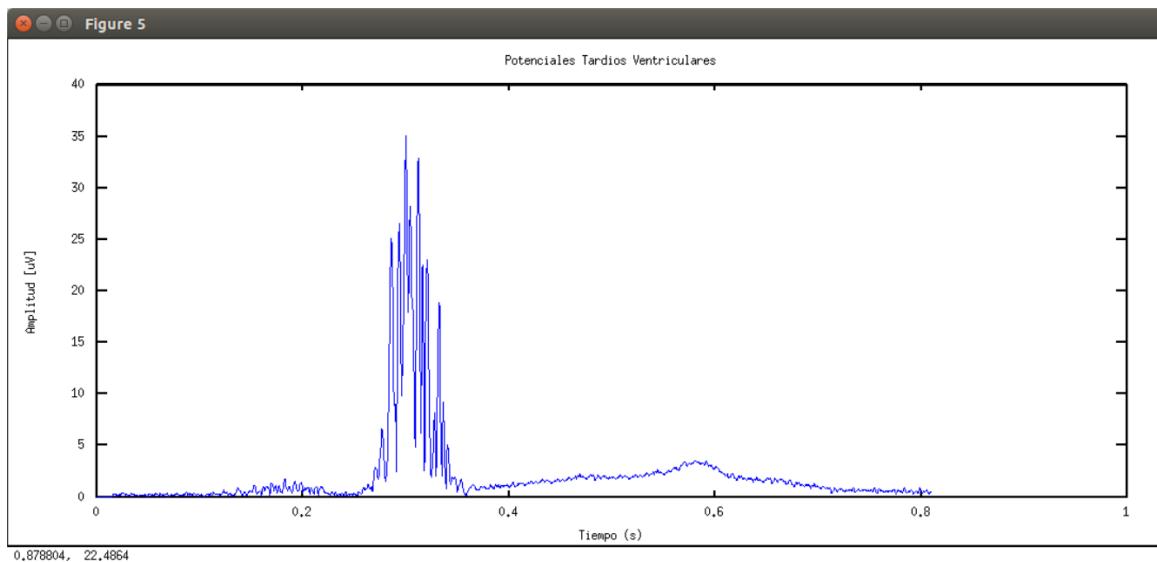


Figura 6: Módulo del vectocardiograma en función del tiempo, con presencia de PTV.

El primer parámetro, señalado como “DTQRS”, se define por la duración total del QRS, el cual se obtiene como la diferencia entre el fin e inicio del complejo QRS. Para determinar el inicio del complejo, se utiliza el hecho de que tal inicio, por lo general es abrupto. La determinación del fin del complejo, se realiza de manera similar.

El segundo parámetro conocido como “LAS40”, está dado por el intervalo de tiempo en el cual la magnitud del vector se encuentra por debajo de $40 \mu\text{V}$. El tercer parámetro señalado como RMS40, es el valor RMS de la señal durante los últimos 40 mili-segundos (ms) del complejo QRS.

Los valores normales para estos parámetros pueden variar según el criterio del investigador. El DTQRS es la variable que usada aisladamente puede definir la presencia de PTV. Sin embargo, el uso conjunto del DTQRS, con las otras variables, mejora el diagnóstico para definir la presencia de PTV. Ramiro [46] en sus resultados indica que el valor diagnóstico de los PTV detectados a partir del electrocardiograma superficial promediado, es por lo menos igual al exigido a nivel internacional. El autor sugiere adicionalmente, el uso conjunto de DTQRS>120 ms, LAS40>38 4ms y RMS40<15 μ V para definir la presencia de PTV.

Resultados

En el estado actual de este desarrollo, las mediciones en las pruebas preliminares se realizan manualmente, pero se trabaja en la incorporación de un algoritmo que permita la medición automática de los factores que determinan la presencia de PTV.

Para certificar el funcionamiento del algoritmo desarrollado, se realizaron pruebas sobre un grupo de 56 registros almacenados en la base de datos de physionet. La evaluación se realizó a 13 registros de personas con alguna patología cardíaca y sobre 43 registros de pacientes control seleccionados al azar entre los registros que se encuentran en dicha base de datos. Para todos los registros seleccionados se realizaron las pruebas de filtrado en dos anchos de banda diferentes. El límite superior del filtro pasa banda en ambos procesamientos fue de 250 Hz. El límite inferior del filtro pasa banda, en primer lugar se realizó con $f_0 = 40$ Hz y posteriormente se realizaron pruebas comparativas con $f_0 = 82$ Hz. Las mediciones se anotaron en tablas donde se pueden realizar los análisis respectivos. Los resultados de las pruebas sobre los registros de pacientes enfermos se muestran en las tablas 1 a la 4. Estos resultados se muestran en cuatro tablas por separado para identificar el tipo de patología presente.

Tabla 1: Mediciones sobre los registros de pacientes con hipertrofia miocárdica.

#	Paciente	Registro	Filtro con límite inferior $f_0 = 40$ Hz				Filtro con límite inferior $f_0 = 82$ Hz			
			DTQRS (ms)	LAS40 (ms)	RMS40 (uV)	¿PTV?	DTQRS (ms)	LAS40 (ms)	RMS40 (uV)	¿PTV?
1	250	s0485_re	101	20	10.5	NO	103	33	5	NO
2	227	s0450_re	102	13	15	NO	96	19	11	NO
3	212	s0434_re	108	28	23	NO	98	31	6.3	NO
4	210	s0432_re	115	20	13	NO	104	26	13	NO
5	159	s0390lre	100	25	17	NO	87	30	8.5	NO

Tabla 2: Mediciones sobre los registros de pacientes con enfermedad cardíaca valvular.

#	Paciente	Registro	Filtro con límite inferior $f_0 = 40$ Hz				Filtro con límite inferior $f_0 = 82$ Hz			
			DTQRS (ms)	LAS40 (ms)	RMS40 (uV)	¿PTV?	DTQRS (ms)	LAS40 (ms)	RMS40 (uV)	¿PTV?
6	224	s0447_re	172	93	15	SI	157	101	4	SI
7	188	s0365lre	121	17	35	NO	99	23	30	NO
8	110	s0003_re	98	33	22	NO	89	34	6.5	NO
9	106	s0030_re	147	54	19	NO	106	57	6	NO

Tabla 3: Mediciones sobre los registros de pacientes con miocarditis.

#	Paciente	Registro	Filtro con límite inferior $f_0 = 40$ Hz				Filtro con límite inferior $f_0 = 82$ Hz			
			DTQRS (ms)	LAS40 (ms)	RMS40 (uV)	¿PTV?	DTQRS (ms)	LAS40 (ms)	RMS40 (uV)	¿PTV?
10	272	s0510_re	112	26	14	NO	102	38	6.5	NO

Tabla 4: Mediciones sobre los registros de pacientes con diversas enfermedades cardíacas.

#	Paciente	Registro	Filtro con límite inferior $f_0 = 40$ Hz				Filtro con límite inferior $f_0 = 82$ Hz			
			DTQRS (ms)	LAS40 (ms)	RMS40 (uV)	¿PTV?	DTQRS (ms)	LAS40 (ms)	RMS40 (uV)	¿PTV?
11	126	s0154_re	178	92	5	SI	168	94	2	SI
12	130	s0166_re	164	66	6	SI	160	80	4	SI
13	196	s0002_re	178	51	15	SI	152	52	5	SI

De los análisis realizados se observa la detección de PTV principalmente en pacientes con diversas enfermedades cardíacas. Cabe destacar que en estos casos la variabilidad del tipo de patología no se define claramente, pero los resultados demuestran la evidencia de daño en el miocardio. La Tabla 5, presenta los resultados obtenidos con el procesamiento de los registros adquiridos a personas control.

Tabla 5: Mediciones sobre los registros de pacientes control.

#	Paciente	Registro	Filtro con límite inferior $f_0 = 40$ Hz				Filtro con límite inferior $f_0 = 82$ Hz			
			DTQRS (ms)	LAS40 (ms)	RMS40 (uV)	¿PTV?	DTQRS (ms)	LAS40 (ms)	RMS40 (uV)	¿PTV?
14	001	s0010_re	140	20	17	NO	117	29	3	SI
15	002	s0015lre	100	30	5	NO	80	33	4	NO
16	004	s0015lre	125	40	5	SI	120	45	2	SI
17	005	s0025lre	90	30	43	NO	83	27	6	NO
18	006	s0064lre	140	35	6	NO	129	30	1.4	NO
19	008	s0028lre	100	34	16	NO	93	37	8.5	NO
20	009	s0035_re	115	32	6	NO	99	30	2	NO
21	010	s0042lre	105	38	18	NO	106	30	4	NO
22	011	s0044lre	100	33	25	NO	100	22	4.5	NO
23	014	s0056lre	109	37	47	NO	70	24	11	NO
24	015	s0047lre	104	42	20	NO	81	24	8	NO
25	016	s0076lre	105	27	12	NO	94	21	6	NO
26	018	s0082lre	124	53	21	NO	125	43	5	SI
27	023	s0081lre	90	16	13	NO	71	25	8.5	NO
28	026	s0088lre	97	40	13.5	NO	86	25	4	NO
29	028	s0090lre	112	37	12	NO	109	30	2.5	NO
30	029	s0122lre	114	46	7.5	NO	79	22	3	NO
31	030	s0107lre	117	45	5.5	NO	90	37	2	NO
32	031	s0127lre	87	23	12	NO	84	16	3.2	NO
33	033	s0105lre	128	43	7	SI	122	43	3	SI
34	034	s0123lre	102	36	15	NO	90	26	5	NO
35	036	s0111lre	85	37	26	NO	77	22	4	NO
36	037	s0112lre	88	28	24	NO	87	26	4	NO
37	039	s0129lre	95	37	18.5	NO	88	33	5	NO
38	040	s0130lre	103	36	29	NO	104	38	3	NO
39	041	s0276lre	111	39	15	NO	105	40	4	NO
40	042	s0135lre	99	24	4.5	NO	88	25	4	NO
41	043	s0144lre	96	0	-	NO	80	25	2.5	NO
42	044	s0142lre	89	22	9	NO	84	31	4	NO
43	045	s0147lre	100	36	16	NO	101	38	5	NO
44	046	s0168lre	109	43	5	NO	70	15	1	NO
45	047	s0160lre	164	53	14	SI	151	54	6	SI
46	047	s0167lre	164	54	14	SI	142	57	7	SI
47	048	s0171lre	100	28	20	NO	94	28	6	NO
48	049	s0178lre	95	22	15	NO	90	29	4	NO
49	050	s0174lre	101	29	25	NO	90	31	4.5	NO
50	051	s0179lre	107	30	13	NO	94	20	4	NO
51	052	s0190lre	102	21	10	NO	90	16	2	NO
52	053	s0191lre	162	64	8	SI	134	65	4	SI
53	054	s0192lre	102	21	14	NO	108	29	1.5	NO
54	056	s0196lre	107	33	6.5	NO	82	36	6	NO
55	058	s0216lre	155	76	4.5	SI	123	41	2.5	NO
56	064	s0220lre	123	42	4.5	SI	85	29	1.5	NO

De los análisis realizados se observa la detección de PTV a 7 pacientes. Dado que son pacientes control, existe la posibilidad que presenten alguna patología, sin embargo no se declaran como pacientes enfermos en la descripción del contenido de la base de datos de physionet.

Discusión de los Resultados

La presencia de PTV es de esperarse en pacientes enfermos, sin embargo cabe destacar la evidencia de PTV en algunos de los pacientes control. Puede suponerse que se trata de casos que no han sido diagnosticados como enfermos pero que presentan alta probabilidad de sufrir arritmias con posibilidad de infarto.

En la comparación entre filtros se puede notar que el filtro pasa-banda con frecuencia de corte inferior de 82Hz introduce cambios que varían entre un paciente y otro. Comparando los resultados de ambos filtros, se puede notar en todos los casos una disminución del valor de RMS40 a menos de la mitad. Esto genera un nuevo diagnóstico en casos como el registro s0082lre del paciente 018, donde el diagnóstico arrojado con el filtro de 40 Hz presentaba un cuadro dudoso sobre la presencia de PTV por incumplirse la condición del RMS40<15uV, pero que resulta evidente con el filtro de 82Hz.

Para los parámetros DTQRS y LAS40, en la mayoría de pacientes, se nota que sus valores disminuyen en una tercera parte, con la excepción en algunos pacientes, donde ocurre un leve incremento en sus valores, o bien, se mantienen aproximadamente igual. Este cambio también puede alterar el diagnóstico hecho con el filtro de 40 Hz. Tal es el caso del paciente 064 sobre su registro s0220lre donde se altera el diagnóstico original por la diferencia en la lectura de estos parámetros. En término general se recomienda el empleo del filtrado con la frecuencia de corte de 82 Hz, ya que se puede realizar un diagnóstico más aceptable y con menos posibilidades de error por ruido.

En cuanto a la eficiencia del algoritmo, cabe destacar que el procesamiento tarda solo 27 segundos en analizar un archivo con 300 latidos, a partir de una matriz de 12 derivaciones estándar hasta presentar las gráficas de resultados pertinentes. Lo cual es considerablemente rápido en comparación con otros algoritmos reportados en la literatura.

Conclusiones

La eficiencia en el procesamiento se evidencia en los resultados obtenidos. La obtención del vectocardiograma, como el mostrado como ejemplo en las gráficas de la Fig. 5, el resultado obtenido con el procesamiento como el mostrado en la gráfica de la Fig.6 y los bajos niveles de error generado con la evaluación de diferentes registros, evidenciado por los datos anotados en las tablas, certifican el funcionamiento del algoritmo desarrollado.

Se determinó que el filtro pasa-banda con frecuencia de corte inferior = 82 Hz es un parámetro importante que se debe tener en cuenta para determinar PTV.

Los diagnósticos realizados con electrocardiografía convencional, no permiten determinar a simple vista la presencia de PTV. Esto puede hacer que un paciente pase desapercibido en su chequeo médico, mientras posea una anomalía cardíaca detectable mediante la presencia de PTV.

El algoritmo presentado permite realizar diagnósticos de presencia o ausencia de PTV sobre los pacientes a partir de sus registros ECGAR de 12 derivaciones estándar. Esta técnica de evaluación no invasiva y de bajo costo, aunada al empleo de instrumentos desarrollados con tecnología propia, como el DIGICARDIAC, representan un método aplicable en forma masiva que puede representar un notable mejoramiento en la detección y tratamiento de las enfermedades cardiovasculares.

Agradecimientos

Se agradece a la Universidad Tecnológica Nacional (UTN) de Argentina y a la Universidad de Los Andes (ULA) de Venezuela, por la valiosa contribución científica y tecnológica en el desarrollo de este proyecto. Así mismo se agradece a CENDITEL y a FAGDUT por el apoyo en el desarrollo del presente trabajo.

Bibliografía

- [1] World Health Organization. *Mortality and global health estimates*, Disponible en: http://www.who.int/gho/mortality_burden_disease/en/# Último acceso: Junio, 2016.
- [2] W. Ganong, (1999). *Fisiología Médica. Manual Moderno.* 17^a Edición México, D.F., Editorial McGraw-Hill.
- [3] J. González, (2008). *Tutorial de Electrocardiograma*, España, Publicaciones del Servicio de Cardiología UCC,, Complejo Hospitalario Universitario de Santiago de Compostela.
- [4] T. Schlegel, et al. (2004). *Real-Time 12-Lead High-Frequency QRS Electrocardiography for Enhanced Detection of Myocardial Ischemia and Coronary Artery Disease*. Mayo Clin Proc, vol. 79, pp. 339 – 350.
- [5] R. Medina, D. Jugo, H. Carrasco, (1992). *An acquisition and processing system for the high resolution surface electrocardiogram*. 14th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, pp 779-780.
- [6] M. Vargas, (1996). *Contribución al estudio de los micropotenciales cardíacos*, España: Tesis doctoral del departamento de Ingeniería Electrónica, Universidad Politécnica de Cataluña
- [7] Cardiomedic. *Potenciales Tardios* Disponible en: http://www.cardiomedic.com.pe/potenciales-tardios.html#.V4Awz2F3_tQ= Último acceso: Junio, 2016.

- [8] J. Boineau, J. Cox, (1973). *Slow ventricular activation in acute myocardial infarction. A source of reentrant premature ventricular contraction.* 48: 702
- [9] E. Berbari, B. Scherlag, R. Hope, R. Lazarra, (1978). *Recording from the body Surface of arrhythmogenic ventricular activity during the ST segment.* Journal Am. College of Cardiology, 41:697-707.
- [10] M. Simson, (1981). *Use of signals in the terminal QRS complex to identify patients with ventricular tachycardia after myocardial infarction.* 64:235-242.
- [11] W. Stevenson, et al. (1989). *Fractioned Endocardial Electrograms are associated with slow conduction in Humans: evidence from pace-mapping.* Am Coll Cardiol. 13:369.
- [12] M. Josephson, et al. (1978). *Continuous electrical activity: a mechanism of recurrent ventricular tachycardia.* 57:659
- [13] J. Gomez, R. Mehra, P. Barrera, S. Winters, (1986). *A comparative analysis of signal averaging of the surface QRS complex and intracardiac electrodings in ventricular tachycardia.* J. Am. Coll Cardiol. 7:128
- [14] M. Simson, et al., (1983). *Relation between late potentials on the body surface and directly recorded fragmented electrograms in patients with ventricular tachycardia.* Am. J. Cardiol. 57:105-112.
- [15] G. Breithardt, M. Borggrefe, V. Karben, R. Abandroth, H. Yeh, L. Speipel, (1982). *Prevalence of late potentials in patients with and without ventricular tachycardia. Correlation with angiographic findings.* Am. J. Cardiol. 49:1932-1937.
- [16] R. Denniss, et al., (1986). *Prognostic significance of ventricular tachycardia and ventricular fibrillation induced at programmed stimulation and delayed potentials detected on the signal averaged electrocardiograms of survivors of acute myocardial infarction.* Vol. 74, 4:731-745.
- [17] J. Rozanski, D. Mortara, R. Meyrburg, A. Castellanos, (1981). *Body surface detection of delayed depolarizations in patients with recurrent ventricular tachycardia and left ventricular aneurysm.* 63: 1172-1178.
- [18] J. Bigger, T. Jr., (1984). *Identification of patients at high risk of sudden cardiac death.* Am. J. Cardiol., 54: 3D-8D.
- [19] H. Coto, C. Maldonado, P. Palakorthy, N. Flowers, (1985). *Late potentials in normal subjects and in patients with ventricular tachycardia unrelated to myocardial infarction* Am. J. Cardiol., 55:384-390.
- [20] H. Coto, C. Maldonado, P. Palakorthy, N. Flowers, (1985). *Late potentials in normal subjects and in patients with ventricular tachycardia unrelated to myocardial infarction* Am. J. Cardiol., 55:384-390.

- [21] D. Kuchar, C. Thorburn, N. Sammel, (1986). *Signal Averaged electrocardiogram for evaluation of recurrent syncope.* Am. J. Cardiol., 58:949-953.
- [22] M. Zimmerman, R. Adamec, S. Ciaroni, (1991). *Reduction in the frequency of ventricular late potentials after acute myocardial infarction by early thrombolytic therapy.* Am. J. Cardiol., 67:697-702.
- [23] A. Keren, et al., (1984). *Heart transplant rejection monitored by signal averaged electrocardiography in patients receiving cyclosporine.* Vol. 70, (supplement) I124-9.
- [24] AD. Lacroix, et al., (1992). *Signal Averaged Electrocardiography and detection of heart transplant rejection: Comparison of time and frequency domain analyses.* J. Am Coll Cardiol., Vol. 19, no 8.
- [25] E. Laciari, R. Jané,. (2004) *Detección y análisis latido a latido de potenciales tardíos ventriculares en señales ECG mediante mapas espectro-temporales.* XXV Jornadas de Automática, Ciudad Real, España: Universidad Politécnica de Cataluña.
- [26] L. Vildósala,M. Reyna, (2001). *Correlación de la morfología de los potenciales tardíos ventriculares con funciones wavelets.* II Congreso Latinoamericano de Ingeniería Biomédica, La Habana, Cuba, Instituto de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Baja California .
- [27] G. Breithardt, et al., (1991). *Standards for analysis of ventricular late potentials using high-resolution or signal-averaged electrocardiography.* J. Circulation, 83(4):1481-1488.
- [28] S. Abboud, B. Belhassen,H. Miller, D. Sadeh, S. Laniado, (1986). *High frequency electrocardiography using an advanced method of signal averaging for non-invasive detection of coronary artery disease in patients with normal conventional electrocardiogram.* Journal Electrocardiology, 19:371-380.
- [29] J. Guerrero (2010). *Bioseñales.* España, Universidad de Valencia.
- [30] M. Karsikas, (2011). *New methods for vectorcardiographic signal processing,” Finland, University of oulu, department of computer science and engineering.* Acta universitatis ouluensis.
- [31] N. Dugarte, R. Medina, R. Rojas, A. Álvarez, (2010). *Certificación del Sistema ECGAR para su Aplicación en Centros de Salud,” IV Congreso Iberoamericano de Estudiantes de Ingeniería Eléctrica (CIBELEC).* Art IB-01, Mérida, Venezuela.
- [32] N. Dugarte, R. Medina, R. Rojas, (2011). *Adquisición y Procesamiento de la Señal Electrocardiográfica de Alta Resolución para la Identificación de Enfermedades Cardiovasculares como el Mal de Chagas.* Revista Electrónica de Conocimiento Libre y Licenciamiento “Revista CLIC”, Vol. 1 (4), pp. 55-66.

- [33] N. Dugarte, R. Medina, R. Rojas, (2015). *Open Source Cardiology Electronic Health Record Development for DIGICARDIAC Implementation.* 11th International Symposium on Medical Information Processing and Analysis (SIPAIM), Cuenca – Ecuador.
- [34] K. Hans, R. Bousseljot, D. Kreiseler, L. Schmitz. *The ptb diagnostic ecg database.* Disponible en: <http://www.physionet.org/physiobank/database/ptbdb/> Último acceso: Mayo 2013.
- [35] L. Sheffield, et. al., (1985) *Recommendations for Standards of Instrumentation and Practice in the Use of Ambulatory Electrocardiography.* Circulation, Vol. 71, No 3,
- [36] N. Dugarte, R. Medina, R. Rojas, E. Dugarte, (2014). *Bioamplificador Multicanal para la Adquisición de la Señal ECGAR, del Prototipo DIGICARDIAC.* Revista del Instituto Nacional de Higiene “Rafael Rangel”, Vol. 45 (2).
- [37] N. Dugarte, R. Medina, R. Rojas, (2012). *Desarrollo del Prototipo de un Sistema de Adquisición de Datos para la Digitalización de la Señal Electrocardiográfica de Alta Resolución.* Revista del Instituto Nacional de Higiene Rafael Rangel” Vol. 43 (2): 28-38.
- [38] E. Dugarte, J. Diego, N. Dugarte, (2015). *Actualización del software y mejora en el hardware del sistema DIGICARDIAC para optimizar su aplicación en centros médicos y de investigación.* Tesis de grado de la Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela.
- [39] R. Mason, I. Likar, (1966). *A new system of multiple-lead exercise electrocardiography.* Am. Heart J., 71 (196):196–205.
- [40] J. Lee, Y. Chee, I. Kim, (2012) *Personal identification based on vectorcardiogram derived from limb leads electrocardiogram.* Journal of Applied Mathematics, Vol. 2012, Article ID 904905, 12 pages. Seoul, Republic of Korea.
- [41] E. Berbari, (1988). *High-Resolution Electrocardiography.* CRC Critical Reviews in Biomedical Engineering Vol. 16, No 1.
- [42] N. Dugarte, A. Álvarez, J. Balacco, G. Mercado, A. Gonzalez, E. Dugarte, A. Olivares, (2016). *High efficiency processing for reduced amplitude zones detection in the HRECG signal.* Journal of Physics: Conference Series, 705(1): 10 pag.
- [43] G. BREITHARDT y col. (1991) *Standards for Analysis of Ventricular Late Potentials Using High-Resolution or Signal-Averaged Electrocardiography: A Statement by a Task Force Committee of the European Society of Cardiology, the American Heart Association, and the American College of Cardiology.* JACC Vol. 17(5) April 1991:999-1006
- [44] P. Lander and E. Berbari, (1992). *Principles and Signal Processing Techniques of the High-Resolution Electrocardiogram.* Progress in Cardiovascular Diseases, Vol. 35, No 3, 1992.

- [45] P. Lander, R. Deal, E. Berbari, (1988). *The Analysis of Ventricular Late Potentials Using Orthogonal Recordings*. IEEE Transactions on Biomedical Engineering, Vol. 35, No 8.
- [46] L. Ramiro (1993). *Validación Clínica de un Sistema de Adquisición, Procesamiento y Análisis del Electrocardiograma Superficial de Alta Resolución*. Proyecto de grado para obtener el título de especialista en Cardiología, Universidad de los Andes, HULA, Mérida

Algoritmo de Procesamiento del EEG para la Detección de los estados del Sueño

Jhosmary Cuadros Castro¹, Gerardo Ceballos², Edinson Dugarte Dugarte², Nelson Dugarte Jerez³, Antonio Alvares Abril³, Adolfo F. González³, Gabriel Alvarez Juri³

Grupo de Bioingeniería, Decanato de Investigación, Universidad Nacional Experimental del Táchira¹
Táchira, Venezuela

Centro de Ingeniería Biomédica y Telemedicina (CIBYTEL), Universidad de Los Andes (ULA), Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Eléctrica²
Mérida, Venezuela

Universidad Tecnológica Nacional (UTN), Facultad Regional Mendoza (FRM), Instituto Regional de Bioingeniería (IRB)
Mendoza, Argentina

jcuadros@unet.edu.ve, ceballos@ula.ve, ndj0227@gmail.com,
antonioalvarezabril@yahoo.com.ar

Fecha de recepción: 03/10/2016

Fecha de aceptación: 23/02/2017

Pág: 94 – 105

Resumen

En este artículo, se propone una técnica de procesamiento de la señal electroencefalográfica desarrollada en software libre, con el propósito de estudiar los parámetros involucrados en el estado de sueño de la señal EEG. El sueño no es solo un fenómeno necesario, activo y periódico, también es un proceso variado y complejo. Dada la importancia de esta condición, el sueño se ha convertido en objeto de estudio por parte de la neurociencia. Entre los temas de mayor relevancia se encuentran las situaciones donde el sueño involucra a la persona en circunstancias de riesgo, como en los casos de trabajos peligrosos o mientras controla alguna máquina que puede causar daño a otros o a sí mismo. El software desarrollado permite la visualización simultánea de todos los registros del EEG, la extracción y visualización de sus ondas componentes y la generación de hipnogramas. El hipnograma se utiliza para visualizar como cambian los estados del sueño a lo largo de una sesión y facilita la demarcación de las diferentes etapas. Las pruebas preliminares demuestran el funcionamiento del algoritmo de detección, pero se continúa trabajando en la optimización del sistema.

Palabras clave: detección de los estados del sueño, algoritmo automático, procesamiento de la señal EEG

Introducción

El estudio de la mente abarca un conjunto de disciplinas científicas que analizan la estructura cognitiva y la función de cada parte del cerebro. La bioquímica, la farmacología, la patología del sistema nervioso y la fisiología del cerebro se entrelazan con la ingeniería en busca de los elementos que interactúan dando lugar al pensamiento y la conducta [1]. La neurociencia aplica los conocimientos médicos con el apoyo de la instrumentación desarrollada por la ingeniería, así mismo la ingeniería utiliza las bases del conocimiento médico en el desarrollo de sistemas avanzados [2]. Con la implementación de la computadora, se desarrollan modelos matemáticos de los comportamientos observados en el sistema nervioso. A través de simulaciones se estudia el funcionamiento del cerebro. Se trata de entender cómo se almacena la memoria, cómo se procesa información de los sentidos, porqué la reacción ante los estímulos y de donde se deriva el pensamiento.

La valoración de la función del sueño es de vital importancia. El sueño no es solo un fenómeno necesario, activo y periódico, sino que es también un proceso variado y complejo [3, 4], por lo que se ha convertido en objeto de estudio por parte de la neurociencia. Bajo este contexto, es frecuente encontrar pacientes en los que las manifestaciones de sus enfermedades sólo se presentan durante la noche o se relacionan con el sueño [5]. La activación mediante el sueño es considerado uno de los mejores y más relevantes medios de demostrar la existencia de un foco epiléptico en el hombre o en animales [6]. La privación de sueño facilita la aparición de crisis y frecuentemente es usada como método de activación del electroencefalograma (EEG). No sólo en las epilepsias y trastornos del sueño son útiles los estudios nocturnos, sino también su realización es de gran importancia en las enfermedades cerebro-vasculares, en las enfermedades psiquiátricas y en las lesiones del Tallo Cerebral, entre otras [7, 8].

También existen las situaciones donde el sueño involucra a la persona en situaciones de riesgo. Es el caso de accidentes graves ocurridos en el medio laboral porque un operador o la persona misma se queda dormida. También son muchos los reportes de accidentes de tránsito ocurridos porque el conductor de un vehículo se ha quedado dormido [9].

En este trabajo, se propone una técnica de visualización de registros EEG, así como la extracción y visualización de sus ondas componentes, además de la generación de hypnogramas [10], herramientas útiles para visualizar como cambian las ondas cerebrales a lo largo de las etapas del sueño. Todo ello con el objetivo de captar el estado de sueño de un paciente.

Cabe destacar que todo el software de análisis desarrollado se realizó empleando herramientas de software libre. Para el análisis de señales se utilizó el software de procesamiento matemático “GNU Octave” y para el desarrollo del entorno gráfico se utilizó “Java”.

El Electroencefalograma

El electroencefalograma (EEG) es el registro de la actividad eléctrica generada por el cerebro. Se adquiere de forma no invasiva por medio de electrodos de registro que son adheridos a la superficie de la cabeza [11]. El instrumento utilizado para tal fin es el electroencefalógrafo, que es un dispositivo electrónico que capta y amplifica la actividad bioeléctrica generada como

consecuencia de la actividad neuronal. Esta actividad se registra en un papel con velocidad normalizada y en los equipos modernos se almacena digitalmente y se presenta bajo un entorno gráfico computarizado [12]. La actividad eléctrica cerebral aparece registrada en la forma de líneas sinusoidales, es decir, secuencias de ondas que, por presentarse normalmente en forma continua, constituyen lo que se denomina un ritmo [12]. Cada onda puede clasificarse principalmente según su frecuencia, forma, amplitud y localización. Estas características de las ondas varían según la edad, el nivel de vigilia o de sueño, y la forma de actividad psíquica en curso durante el examen [11, 13]. Para la interpretación clínica del EEG, es preciso entonces conocer las características de dichas ondas y sus variaciones de acuerdo a estas condiciones fisiológicas [1].

Ondas componentes del EEG

En el espectro del electroencefalograma (EEG) se han definido bandas específicas de frecuencias, que se relacionan con eventos clínicos y fisiológicos particulares [13]. La Tabla 1, presenta la clasificación estándar del ancho de banda de las ondas principales del EEG, utilizadas en el análisis que permite identificar los diferentes estados de sueño en un paciente.

Tabla 1: Bandas características del EEG.

Banda Espectral	Rango en Hz
Delta (δ)	0-3.5
Theta (θ)	4-7.5
Alfa (α)	8-13.5
Beta (β)	14-30

Las ondas alfa son ondas rítmicas a una frecuencia de entre 8 y 13 ciclos por segundo (Hz). Se encuentran en los EEG de la mayoría de las personas adultas normales cuando están despiertas en un estado mental tranquilo, de reposo. Estas ondas son más intensas en la región occipital, pero también se pueden registrar en las regiones parietales y frontales del cuero cabelludo. Su voltaje es de unos 50 uV. Durante el sueño profundo desaparecen las ondas alfa. Cuando la atención de la persona despierta se dirige a algún tipo de actividad mental específica, las ondas alfa son sustituidas por ondas beta asincrónica, de alta frecuencia y de menor voltaje [14].

Las ondas theta tienen frecuencia de entre 4 y 7 Hz. Se producen principalmente en las regiones parietales y temporales en los niños, pero también aparecen en el transcurso del estrés emocional en algunos adultos, especialmente durante el desánimo y la frustración. También, aparecen ondas theta en muchos trastornos cerebrales, con frecuencia en estados de degeneración cerebral [12, 14].

Las ondas delta incluyen todas las ondas del EEG de menos de 3.5 ciclos por segundo. Se producen en el sueño muy profundo, en la lactancia y en una enfermedad orgánica grave del cerebro. Por tanto, las ondas delta pueden aparecer por sí misma en la corteza con independencia de la actividad de zonas inferiores del encéfalo [12].

Otras ondas pueden aparecer sólo o casi sólo en condiciones patológicas. Tal es el caso de las ondas en forma de puntas (“spikes”), de puntas abiertas (ondas “sharp”), los complejos punta-onda, la hipsarritmia, y complejos periódicos que se repiten a intervalos regulares. Si las ondas normales aparecen fuera de los contextos señalados, se localizan en áreas restringidas y pueden tener alguna significación patológica [12, 13]. Durante los períodos de actividad mental, las ondas se vuelven asíncronas en lugar de síncronas, de forma que el voltaje disminuye considerablemente, a pesar del aumento de la actividad cortical.

Las ondas Delta y Theta son las más utilizadas para observar las diferentes etapas del sueño.

Hipnogramas

El hipnograma es la representación gráfica de la organización cronológica de las diferentes etapas del sueño que experimenta un individuo durante una misma sesión. Una sesión de sueño puede ser dividida en varias etapas de acuerdo al movimiento de los ojos (detectado por electroculografía EOG), al tono muscular (detectado por electromiografía, EMG) y/o por la actividad eléctrica del cerebro (mediante electroencefalografía, EEG). De manera general estas etapas se dividen en etapa REM (rapid eye movement) y etapa NREM (non-rapid eye movement). NREM se puede dividir en tres o cuatro etapas basándose en los patrones que presenta el EEG [5, 14].

Los hipnogramas son herramientas útiles para visualizar como cambian las etapas a lo largo de una noche de sueño. Generalmente una noche de sueño consiste en varios ciclos de duración aproximada 90 min. Los primeros ciclos tienen ondas lentas correspondientes a las etapas más profundas del sueño NREM mientras que después comienza a ser más frecuente la etapa REM en las que se pueden presentar períodos en los que la persona se despierta.

El método tradicional para clasificar las etapas del sueño consiste en dividir la señal en segmentos o épocas de 30 segundos de duración, basado en el criterio estándar de Rechtschaffen y Kales [10].

Metodología

La metodología empleada por la aplicación para el procesamiento y visualización de registros electroencefalográficos se basa en dar como entrada a la herramienta la señal digital proveniente de un electroencefalógrafo. Una vez que el registro EEG es cargado y procesado automáticamente por la aplicación, se visualiza el EEG en el tiempo, la energía en cada banda (delta, theta, alfa, beta y gamma) y el hipnograma.

La aplicación, por ser orientada a objetos, está formada por un conjunto de clases integradas en dos módulos principales: Módulo de Visualización y Módulo de Procesamiento de registros electroencefalográficos.

- Módulo de visualización: consta de tres interfaces, una para visualizar el EEG en el tiempo, otra para visualizar las ondas específicas del EEG y una para la energía presente en cada una de ellas. Este módulo se desarrolló utilizando el lenguaje de programación Java y él

se usó la Transformada Wavelets para extraer las distintas componentes frecuenciales del EEG.

- Módulo de procesamiento: está orientado al procesamiento de la señal EEG descomponiendo la señal en distintas bandas que sirven para definir los parámetros característicos de la señal. Conlleva una etapa de entrenamiento de las Máquinas de Soporte Vectorial (SVM), de prueba y de comparación con datos ya etiquetados para obtener los hipnogramas. Este módulo se desarrolló bajo GNU Octave 4.0.1.

Procesamiento

El algoritmo de procesamiento se diseñó inicialmente para ser utilizado a partir de la selección de un registro EEG previamente captado del paciente, pero la eficiencia de su funcionamiento demuestra que puede ser implementado en tiempo real.

El funcionamiento del software desarrollado se inicia con la entrada a la herramienta de un registro electroencefalográfico proveniente de un electroencefalógrafo. La entrada se realiza a través del botón “Buscar” mediante el cual se abre el buscador de archivos nativo del sistema operativo. Posteriormente el usuario debe hacer click en el botón “Visualizar”. La Fig. 1 muestra la ventana inicio de la aplicación.

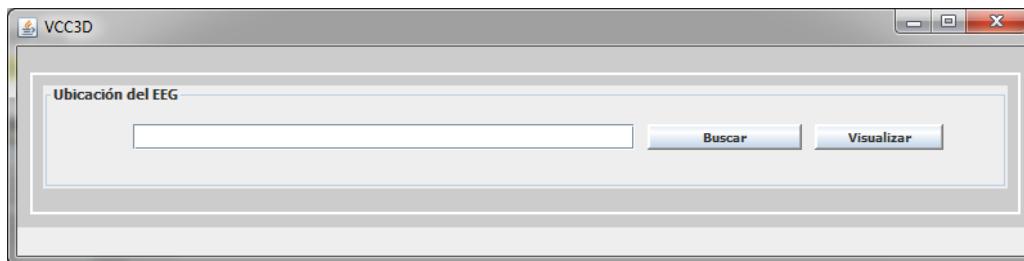


Figura 1: Ventana de inicio de la aplicación desarrollada.

A continuación se describen las técnicas empleadas para la extracción de las ondas del EEG así como la generación del hipnograma.

Extracción de las ondas componentes del EEG

La extracción de las bandas del EEG se realiza a través de la Transformada Wavelet, específicamente la wavelet Daubechies 8, haciendo un análisis multiresolucional hasta el nivel 4 de descomposición: las componentes de onda Delta se representan con los coeficientes de aproximación del nivel 4 de descomposición, los de la onda Theta mediante los coeficientes de detalle del nivel 4, los de la onda Alpha mediante los de detalle del nivel 3, los de Beta con los coeficientes de detalle del nivel 2 y los de la onda Gamma mediante los coeficientes de detalle del nivel 1. Se decidió utilizar transformada Wavelet considerando lo propuesto en la literatura, en la cual se indica que una de las técnicas más utilizadas para la extracción de las bandas EEG

es la transformada Wavelet [15, 16, 17]. Es de notar que al usar el análisis multiresolucional que ofrece la técnica de wavelets las bandas consideradas quedan ligeramente modificadas de los estándares encontrados en la literatura, sin embargo, estas pequeñas desviaciones no afectan de manera significativa los resultados finales.

Generación del Hipnograma

Para realizar el proceso de entrenamiento y de clasificación se mapean los datos correspondientes a cada ventana de análisis a un vector de características.

La parametrización de cada ventana a clasificar se realizó de la siguiente manera: se estimó la densidad espectral de potencia de la ventana con el método de Welch [18], promediando el periodograma en sub-segmentos de 4 segundos (s) sin solapamiento entre ellos. Para aplicar el método de Welch se implementó con la función *pwelch* provista por EEGLAB bajo GNU Octave 4.0.1. Se usó ventana Hamming para los sub-segmentos y 512 puntos para la transformada rápida de Fourier (FFT). El vector de características de la ventana se construyó con coeficientes correspondientes al porcentaje de la potencia total que posee cada una de 6 bandas de frecuencia (0-3 Hz, 3-5 Hz, 5-10 Hz, 10-15 Hz, 15-20 Hz, 20-25 Hz). Los límites inferiores y superiores de las bandas se definieron en base a la inspección visual de la distribución de las componentes frecuenciales en cada etapa de sueño en los datos de entrenamiento.

Con los datos de entrenamiento se entrenó un clasificador basado en Máquinas de Soporte Vectorial (SVM) con Kernel Lineal para 3 clases: NREM1, NREM2, NREM3y4, haciendo uso de la librería libsvm en GNU Octave 4.0.1. Es de notar que no se usó la información del sueño REM por la falta de información necesaria para clasificar esa etapa de sueño (electroculograma y/o electromiograma).

Presentación gráfica de los elementos característicos del EEG

Esta etapa del procesamiento consiste en la extracción de las ondas características del EEG y la visualización gráfica de las diferentes señales que lo componen. En la literatura consultada se reporta una diversidad de sistemas que permite la presentación gráfica del EEG [19, 20], normalmente diseñados para ser implementados en aplicaciones específicas. El problema que se presenta se debe a lo privativo de este tipo de software. Regularmente, el software de visualización gráfica del EEG que se encuentra comercialmente es del tipo cerrado y por lo tanto no admite modificaciones para adaptarlo a los requerimientos específicos de los usuarios e investigadores.

Lo novedoso en esta etapa del desarrollo se basa en el formato diseñado con software libre a partir de los requerimientos propuestos. Lo cual también admite las modificaciones y actualizaciones que surjan conforme al avance de las investigaciones. En el diseño de esta etapa del algoritmo se utilizó el lenguaje de programación “Java”, en su versión 1.7. La Fig. 2, muestra la interfaz diseñada para la visualización del EEG.

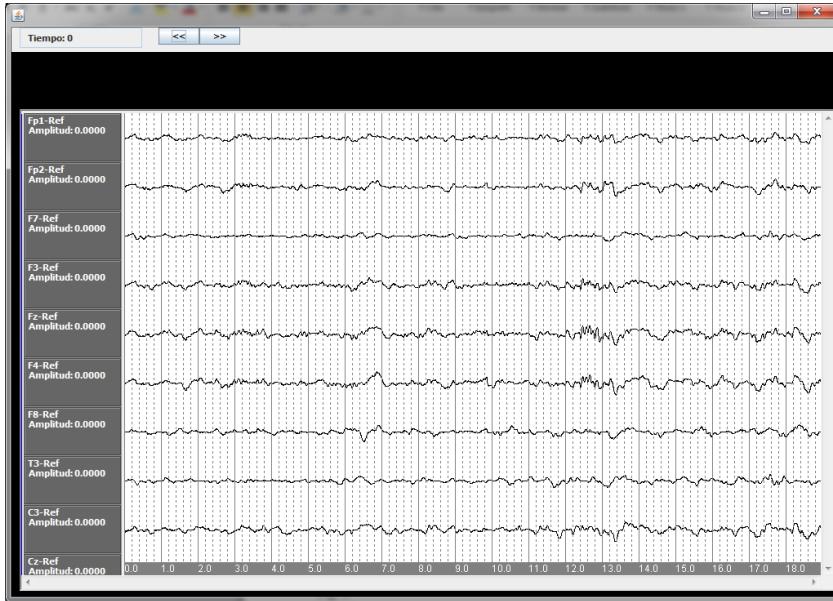


Figura 2: Ventana de presentación gráfica de la señal EEG con el formato propuesto.

En la Fig. 3 se muestra la parte de la interfaz gráfica desarrollada que permite visualizar las ondas componentes del EEG.

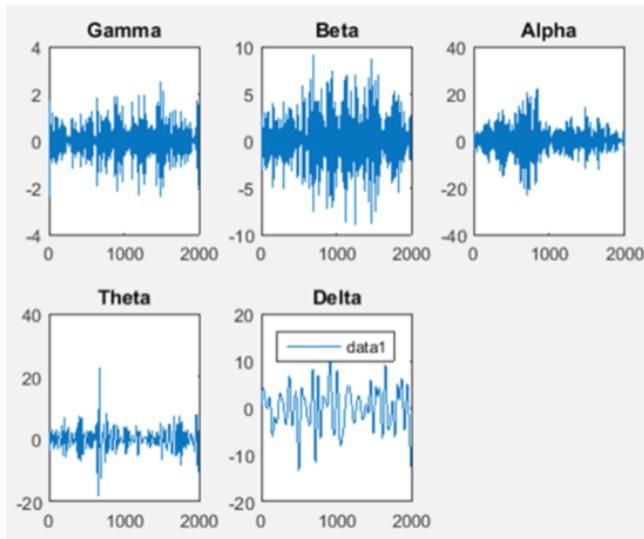


Figura 3: Visualización de las ondas componentes del EEG.

En la Fig. 4 se puede observar la interfaz que permite mostrar en la parte superior un segmento de tiempo de la señal EEG para una derivación y en la parte inferior se visualiza la energía presente en cada onda.

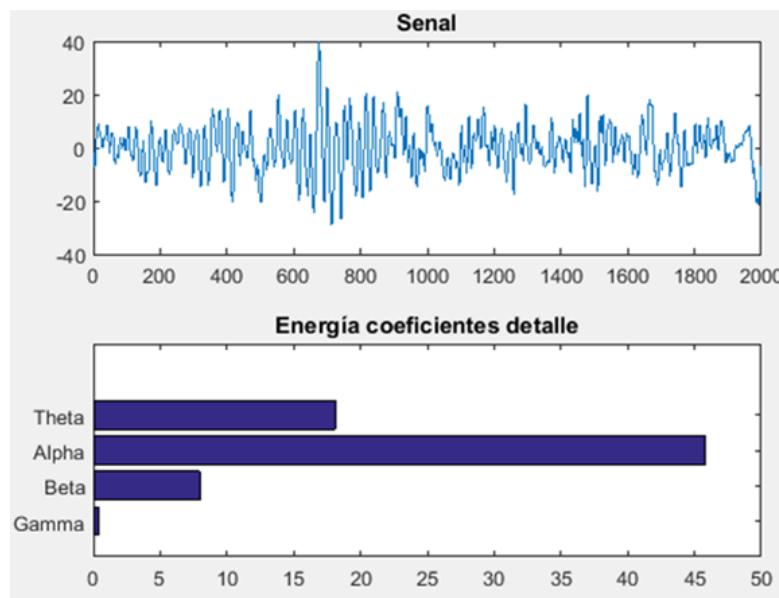


Figura 4: Visualización de la energía de las ondas del EEG.

En la Fig. 5 se puede apreciar una captura de pantalla del software desarrollado para la clasificación de las etapas de sueño.

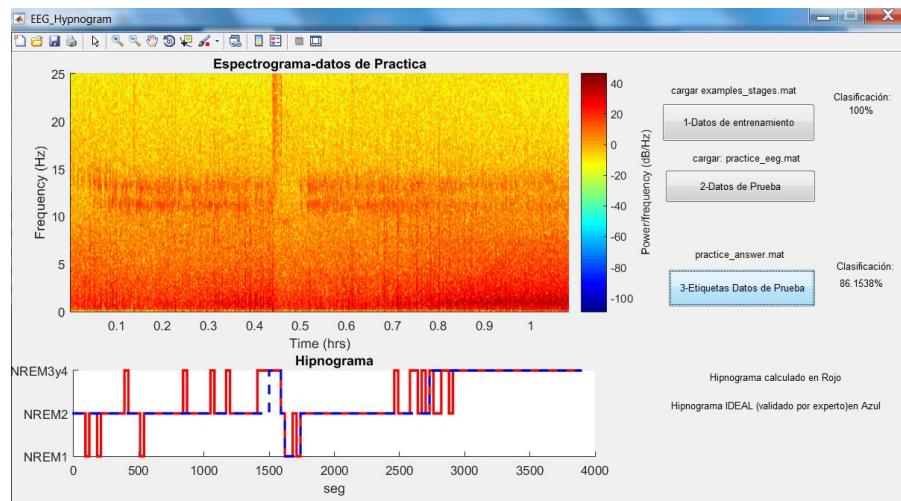


Figura 5: Captura de pantalla del software desarrollado.

Resultados

En la Fig. 6, se puede observar el hipnograma ideal en azul, con las etiquetas asignadas por expertos, y en color rojo el calculado con el método de clasificación propuesto.

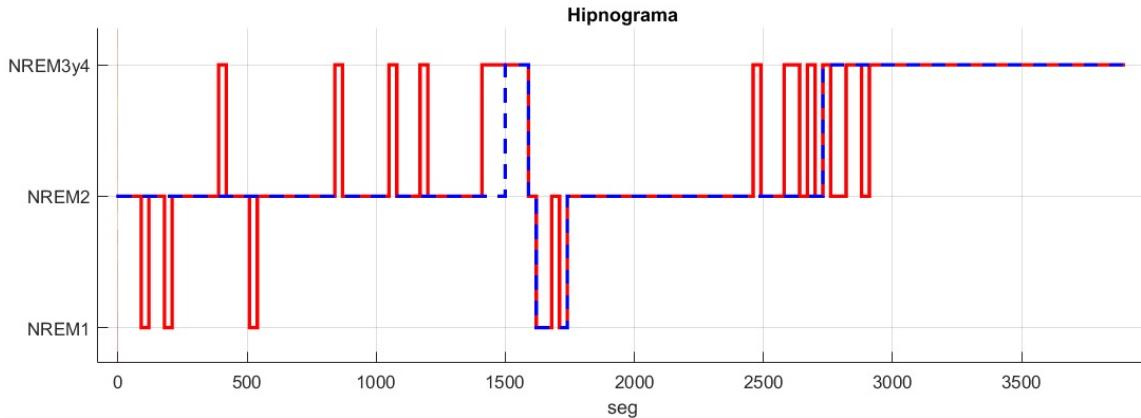


Figura 6: Hipnograma de los datos de prueba (en azul, asignado por expertos y en rojo el asignado automáticamente por el software desarrollado).

El algoritmo desarrollado concluye en la visualización del hipnograma con los marcadores que señalan las diferentes etapas del sueño. Los datos en los que se probó el algoritmo propuesto contienen el registro de un canal de EEG de un sujeto en una noche de sueño muestreado a 128Hz. El archivo usado para entrenamiento del sistema de clasificación consta de 5 minutos de registro de EEG para cada etapa NREM1, NREM2 y NREM3 y 4. El archivo de prueba consta de 65 min de registro y se conoce la etapa del sueño correspondiente o etiqueta de clasificación (NREM1, NREM2, NREM3 y 4) de cada segmento de 30 segundos contiguo, asignada por investigadores del sueño expertos de acuerdo al criterio de Rectshaffen y Kales [10].

En los datos de prueba se clasificaron correctamente 112 épocas, o ventanas de 30 segundos, y se erró en la clasificación de 18 épocas lo que representa un porcentaje de clasificación correcta de 86 %. En la Fig. 7 se puede observar el espectrograma de las distintas etapas del sueño en los datos de entrenamiento. Allí se observa las diferencias en la energía que contienen las distintas bandas para cada etapa de sueño. Estas diferencias son las aprovechadas por el clasificador para etiquetar los segmentos y construir el hipnograma.

Se puede observar la gran similitud en la distribución de energía en el espectro entre las etapas de sueño REM y sueño NREM, por esto es que se requiere de otra información fisiológica del organismo para poder discriminar REM de NREM1, como son detectores de movimiento, electroculografía y electromiografía.

Conclusiones

Aunque el método implementado solo explota la información espectral de los datos, ofrece una posibilidad simple y eficaz de estudiar las etapas del sueño en registros de EEG. El método es susceptible a mejoras que los autores llevarán a cabo en el software, por ejemplo, si se incluyeran características temporales como Husos de sueño (Sleep spindles) y complejos K (K-complex) en los vectores característicos se podría aumentar el porcentaje de clasificación.

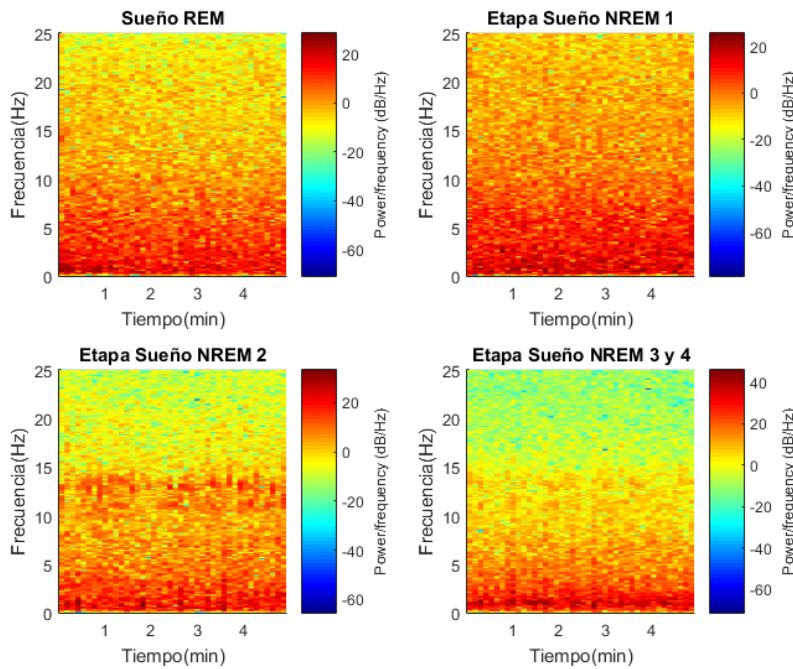


Figura 7: Espectrograma de los datos usados para el entrenamiento del clasificador.

Si además se utilizara la información de electroculografía (EOG) y de electromiografía sería factible clasificar también la etapa de REM.

Si se aprovechara la correlación entre épocas contiguas implementando modelos estadísticos de transición como HMM (Hidden Markov Models), es decir si se explota el hecho de que hay transiciones de etapas de sueño que son más probables que otras y el hecho de que se puede conocer a priori la duración estimada de cada etapa seguramente pudiera mejorarse el desempeño de la metodología planteada.

Las próximas investigaciones para ampliar la versatilidad del software desarrollado incluirá la prueba de los algoritmos propuestos en bases de datos públicas y más grandes como la ofrecida por la National Sleep Research Resource [19], en las que si se incluyen canales de EOG y EM.

Agradecimientos

Se agradece a la Universidad Tecnológica Nacional (UTN) en Mendoza - Argentina, a la Universidad Nacional Experimental del Táchira (UNET) en San Cristóbal – Venezuela y a la Universidad de Los Andes (ULA) en Mérida - Venezuela, por la valiosa contribución científica y tecnológica en el desarrollo de este proyecto.

Bibliografía

- [1] Sörnmo L., Laguna P. (2005). *Bioelectrical Signal Processing in cardiac and neurological applications*. Elsevier Academic Press
- [2] Kandel E.R, Schwartz J.H., Jessell T.M., Siegelbaum S.A., Hudspeth A.J. (2012). *Principles of neural science*. Ciudad: New York Editorial McGraw-Hill
- [3] Chokroverty S. (2010). *Overview of sleep sleep disorders*. Indian J Med Res. 121: p. 126-40.
- [4] Crowley K. (2011). *Sleep and sleep disorders in older adults*. Neuropsychol Rev. 21(1): p. 41-53.
- [5] Paterson L.M, Nutt D.J and Wilson S.J. (2011). *Sleep and its disorders in translational medicine*. J Psychopharmacol. 25(9): p. 1226-34.
- [6] Drury I, Beydoun A. (1993). *Pitfalls of EEG interpretation in epilepsy* Neurological Clinic
- [7] Bruni O., Ferri R., Novelli L., Terribili M., Troianietto M., Finotti E., Leuzzi V., Curatolo P. (2009). *Sleep spindle activity is correlated with Reading abilities in developmental dyslexia*. Sleep, vol. 32, no. 10, pp. 1333-1340.
- [8] Carskadon M.A and Dement W.C. (2005). *Normal human sleep: an overview*. Principles and Practice of sleep Medicine: M. H. Kryger, T. Roth, W.C Dement (eds), Elsevier Inc., 4th edition, pp 13-23, Philadelphia, USA.
- [9] Jimenez R. (2011). *Sistema de detección de nivel de cansancio en conductores mediante técnicas de visión por computador* Colombia: Universidad de Colombia.
- [10] Allan -rechtschaffen y Anthony Kales, editors., (1968). *A manual of standardized terminology, techniques and scoring system for sleep stages of human subjects*.
- [11] Tortora G. and Derrickson B. (2006). *Principios de Anatomía y Fisiología*. Barcelona, España Ed. Médica Panamericana.
- [12] Salazar G. (2007). *Manual de Electrocardiografía y Electroencefalografía*. D.F, México Ed. El Manual Moderno.
- [13] Castellanos P., Godinez R., Jiménez J., Medina V. (1997). *Electrofisiología humana, un enfoque para ingenieros*. México D.F. Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa.
- [14] International Classification of Sleep Disorders: Diagnostic and Coding Manual. 2. Westchester: American Academy of Sleep Medicine, (2005).

- [15] Murugappan M., Ramachandran N., and Sazali Y. (2010). *Discrete Wavelet Transform Based Selection of Salient EEG Frecuency Band for Assessing Human Emotions*. Journal of Biomedical Science and Engineering,3, 390-396. doi:10.4236/jbise.2010.34054.
- [16] Omerhodzic I., Avdakovic S., Nuhanovic A., Dizdarevic K., and Rotim K. (2012). *Energy Distribution of EEG Signal Components by Wavelet Transform*. InTech, 45-60.
- [17] Shaker M. (2007). *EEG Waves Classifier using Wavelet Transform and Fourier Transform*. World Academy of Science, Engineering and Technology, vol 1, no. 3.
- [18] Welch, P. D. (1967). *The use of Fast Fourier Transform for the estimation of power spectra: A method based on time averaging over short, modified periodograms*. IEEE Transactions on Audio and Electroacoustics, AU-15 (2): 70–73.
- [19] Datex-Ohmeda (2016). Datex-Ohmeda S/5TM Módulo EEG, M-EEG
- [20] Huertas, Z., Mardones, E., Niño, P. (2001). *Diseño e implementación de un prototipo de sistema EEG portátil PEP8*
- [21] National Sleep Research Resource. <https://sleepdata.org/>

Predicción de epítopos consenso de células B en el virus de la influenza H5N1

Raúl Isea¹, Judith Cardinale², Andrés Ortega²
IDEA¹, USB²

Hoyo de la Puerta, Baruta, Venezuela
risea@idea.gob.ve

Fecha de recepción: 12/12/2016

Fecha de aceptación: 27/03/2017

Pág: 106 – 110

Resumen

Se determinarán los epítopos de células B presentes en el virus de la gripe A subtipo H5N1 con ayuda de los programas ElliPro, FCBPred, AAP y BepiPred. Posteriormente, se establecerá cuáles son los epítopos consenso de entre todos ellos para considerar aquellos que presenten menor movilidad según los resultados obtenidos por dinámica molecular mediante el programa NAMD. Gracias a esa metodología *in silico* será posible diseñar racional y automáticamente nuevas vacunas que contribuyan a combatir el virus de la gripe.

Palabras clave: epítopo, influenza, bioinformática, células B.

Introducción

Hoy en día las vacunas contra la influenza son estacionales, es decir, se debe diseñar y administrar una nueva vacuna cada año. En la actualidad existen tres tipos de gripe designadas como A, B y C que se clasifican de acuerdo con la combinación de dos proteínas que componen la superficie del virus conocidas como hemaglutinina (H) y neuramidasa (N). Las del tipo A se caracterizan por ser las más patógenas: entre ellas, destaca la responsable de la gripe española de 1918 (H1N1), mientras que las del tipo B tienen incidencia casi exclusivamente en humanos, con una tasa de mutación menor que las del tipo A. Las del tipo C son las más frecuentes de las tres.

Recientemente se ha estudiado la posibilidad de emplear epítopos consenso de células B en el diseño racional de nuevas vacunas [1, 2, 3, 4]. Sin embargo, los predictores de epítopos B generan una amplia gama de epítopos que exige poder discriminarlos. A modo de ejemplo, citemos el reciente trabajo donde se predicen 636 epítopos de células B presentes en un solo serotipo de dengue en Venezuela [5], lo cual dificulta su validación experimental.

Por esa razón, se han propuesto algunas metodologías computacionales que permitan reducir el número de epítopos B basadas en la determinación de una función cuantitativa [1], así como

considerar aquellos que presenten menor movilidad según la hipótesis de que pueden ser más conservados (ver detalles en [6, 7]).

En vista de lo indicado anteriormente, el presente trabajo propone un procedimiento computacional que permitirá seleccionar aquellos epítopos de células B de una secuencia de influenza A, subtipo H5N1, aislada en 2010 en Egipto, que se ha abordado con detalle en la literatura científica [8].

Metodología computacional

La metodología empleada en el trabajo se divide en dos partes. En primer lugar, se determinan los epítopos de células B empleando para ello cuatro programas de Bioinformática: ElliPro [9], FCBPred [10], AAP [11] y BepiPred [12], y después, gracias a los resultados obtenidos, se determinan aquellos epítopos consenso que presenten menor movilidad de los átomos, permitiendo así disminuir el número de epítopos que se pueden emplear en una potencial vacuna.

Primera etapa: Predecir los epítopos de células B

A partir de la secuencia candidata para el diseño de una vacuna contra la influenza A, subtipo H5N1, aislada en 2010 [8], se determinan los distintos epítopos de células B con ayuda de cuatro programas computacionales: ElliPro [9], FCBPred [10], AAP [11] y BepiPred [12]. Una vez recopilados todos los resultados obtenidos, se determina el epítopo consenso de células B, es decir, se seleccionarán solo aquellos epítopos presentes en al menos tres de los predictores, cuya longitud sea igual o superior a cinco aminoácidos.

Segunda etapa: Dinámica molecular

Se determina la movilidad de los distintos átomos presentes en los epítopos predichos utilizando el resultado obtenido por dinámica molecular. El procedimiento ya ha sido utilizado en la literatura científica [6, 7]. Es necesario conocer la estructura tridimensional de la proteína blanco indicada en la etapa anterior, cuyo identificador en la base de datos de proteínas PDB es 5E2Y. La dinámica se realizó con el programa NAMD, versión 2.5 [13], ejecutado en un clúster bajo el sistema operativo Linux, con un intervalo de tiempo de 1 fs. El tiempo total de las simulaciones de dinámica molecular fue de 2 ns. El campo de fuerza utilizado fue CHARMM, versión 27 [14], con una distancia de corte de 12 Å. Este cálculo se efectuó en el vacío en vista del alto número de átomos presentes en la proteína. Los estados de protonación de los residuos ionizables fueron asignados y predichos con el algoritmo de Shakeh implementado en el software VMD para fijar la unión entre cada uno hidrógeno [15]. La velocidad y de posición se determinan de acuerdo a algoritmos Verlet al integrar las ecuaciones de movimiento [16]. El método de minimización de la energía es el algoritmo de descenso inclinado (precedido por una fase de posición con retención de átomos de la proteína) y un gradiente conjugado, cómputo que se detiene hasta que el gradiente de energía es menor a 1,0 kcal / mol / Å. Las simulaciones MD

se llevaron a cabo de acuerdo con los siguientes criterios: 50 ps con las posiciones de los átomos de la proteína restringida para permitir el equilibrado disolvente, 150 ps con las posiciones de los átomos de la proteína de la columna vertebral restringida, para permitir la liberación gradual del sistema, y luego una dinámica completa durante 2 ns sin restricción. Los B-factores derivados de la trayectoria se calculan como $8/3 \pi 2 <|\Delta r|_2^2>$, donde $<|\Delta r|_2^2>$ es el cuadrado medio atómico, desplazamiento relativo a la posición media de todas las trayectorias de la dinámica molecular.

Resultados

La secuencia patógena de influenza virus A fue analizada con cuatro programas de predicción de epítopos de células B. El programa BepiPred generó 15 epítopos con una longitud igual o superior a cuatro aminoácidos. Con el programa ElliPro se predijeron ocho epítopos, con AAP solo seis, y con FBCPred, 13 epítopos.

El paso siguiente fue obtener los epítopos consenso a partir del consenso de tres o cuatro predictores. El consenso fue de solo seis epítopos: GYHANNSTEQVDTIMEK (comprendido en el intervalo de la posición 10 hasta la 26), ITPKNSWSDHEASG (120-133), YNNTNQEDLLV (167-177), TEQTRLYQNPTTYI (188-201), EYGDCNT (273-279) y LRNSP (320-324). En la figura 1, se muestran los cuatro resultados obtenidos de cada uno de los predictores indicados anteriormente, donde se distinguen los epítopos consenso con color marrón.

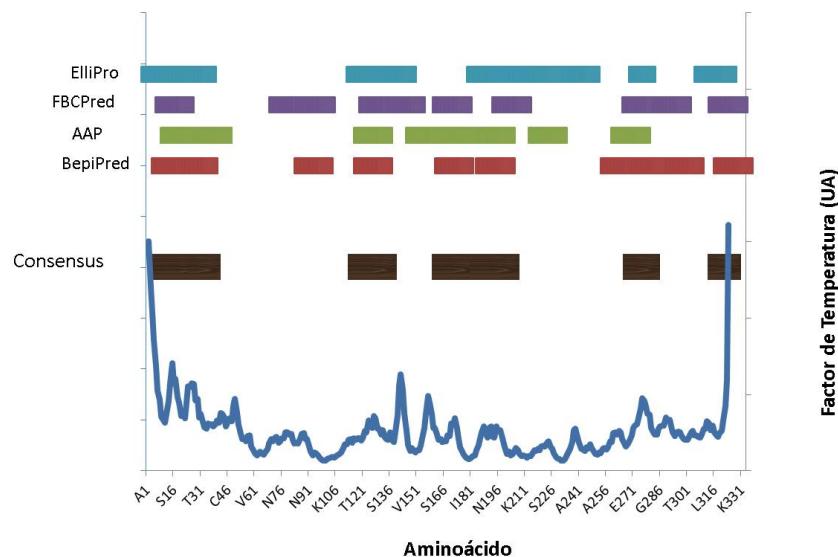


Figura 1: La predicción de los epítopos B de acuerdo a ElliPro (barra azul claro), FBCPred (morada), AAP (verde) y BepiPred (ladrillo); en marrón se indican los epítopos consenso de células B. Con línea continua se muestra la movilidad de los átomos obtenida tras un análisis de resultados por dinámica molecular.

El último paso fue determinar la movilidad de la proteína de la influenza A: se calculó la desviación cuadrática media de la posición de todos los átomos a partir de las coordenadas derivadas de la resolución de la estructura de rayos X hasta 2 ns, como se observa en la figura 1 (línea continua en color azul). Los epítopos comprendidos entre los aminoácidos 10 y 26, así como el localizado entre 320 y 324, se deben descartar por presentar mayor movilidad. De hecho, es de esperar dicho comportamiento al no considerar átomos de agua para la solvatación del sistema, pero esta no fue posible por la alta demanda computacional que requeriría.

Conclusiones

Se determinaron cuatro epítopos consenso de células B de una cepa altamente patógena aislada en Egipto en 2010. A partir de esa cepa, se identifican *in silico* cuatro posibles epítopos que pueden ser candidatos a desarrollar una vacuna siguiendo la metodología descrita en el trabajo. Los epítopos son ITPKNSWSDHEASG, YNNTNQEDLLV, TEQTRLYQNPTTYI y EYGDCNT.

La metodología es netamente computacional y requiere validaciones *in vivo* para corroborarla, pero es interesante destacar que es posible desarrollar un procedimiento automático que permitirá generar vacunas *in silico* empleando únicamente los datos de la secuencia de aminoácidos de la proteína problema así como sus datos de la estructura cristalina.

Bibliografía

- [1] Isea, R. (2015). Predicción computacional cuantitativa de epítopos de células B. *VacciMonitor*, 24:93–97.
- [2] Isea, R. (2013). Predicción de epítopos consenso de células B lineales en *Plasmodium falciparum* 3D7. *VacciMonitor*, 22:43–46.
- [3] Isea, R., Hoebeke, J. y Mayo-García, R. (2013). Designing a peptide-dendrimer for use as a synthetic vaccine against Plasmodium falciparum 3D7. *American Journal of Bioinformatics and Computational Biology*, 1:1–8.
- [4] Isea, R. (2010). Identificación de once candidatos vacunales potenciales contra la malaria por medio de la Bioinformática. *VacciMonitor*, 19:15–19.
- [5] Isea, R. (2016). Quantitative prediction of linear B-cell epitopes. Aceptado para su publicación.
- [6] Isea, R., Ramírez, JL. y Hoebeke, J. (2010). Assessing protein stability of the dimeric DNA-binding domain of E2 human papilloma virus 18 with molecular dynamics. *Mem Inst Oswaldo Cruz*, 105:123.

- [7] Isea, R., Hoebelke, J. y Mayo-García, R. (2013) In silico characterization of major capsid protein L1 of human papilloma virus type 16 by molecular dynamics and determination of linear B-cell consensus epitopes. En Harris B. Smith Editors, *Handbook on Human Papilloma Virus: Prevalence, Detection and Management* (pp. 433–444). Nueva York: Nova Publishers.
- [8] Zhu, X., Viswanathan, K., Raman, R., Yu, W., Sasisekharan, R. y Wilson, IA. (2015) Structural Basis for a Switch in Receptor Binding Specificity of Two H5N1 Hemagglutinin Mutants. *Cell*, 13:1683–1691.
- [9] Ponomarenko, J., Bui, H., Li, W., Fusseder, N., Bourne, PE., Sette, A. y Peters, B. (2008). ElliPro: a new structure-based tool for the prediction of antibody epitopes. *BMC Bioinformatics*, 9:514.
- [10] El-Manzalawy, Y., Dobbs, D. y Honavar, V. (2008). Predicting linear B-cell epitopes using string kernels. *Journal of Molecular Recognition*, 21:243–255.
- [11] Chen, J., Liu, H., Yang, J. y Chou, K. (2007). Prediction of linear B-cell epitopes using amino acid pair antigenicity scale. *Amino Acids*, 33:423–428.
- [12] Larsen, JE., Lund, O. y Nielsen, M. (2006). Improved method for predicting linear B-cell epitopes. *Immunome Res*, 24:2.
- [13] Kale, L., Skeel, R., Bhandarkar, M., Brunner, R., Gursoy, A., Krawetz, N., Phillips, J., Shinozaki, A., Varadarajan, K. y Schulten, K. (1999). NAMD2: greater stability for parallel molecular dynamics. *J Comput Phys*, 151:283–312.
- [14] MacKerell, A. D., Bashford, D., Bellott, M., Dunbrack, R. L., Evanseck, J. D., Field, M. J., Fischer, S., Gao, J., Guo, H., Ha, S., Joseph-McCarthy, D., Kuchnir, L., Kuczera, K., Lau, F. T. K., Mattos, C., Michnick, S., Ngo, T., Nguyen, D. T., Prodhom, B., Reiher, W. E., Roux, B., Schlenkrich, M., Smith, J. C., Stote, R., Straub, J., Watanabe, M., Wiórkiewicz-Kuczera, J., Yin, D. y Karplus, M. (1998). All-atom empirical potential for molecular modeling and dynamics studies of proteins. *Phys Chem B*, 102:3586–3616.
- [15] Humphrey, W., Dalke, A. y Schulten, K. (1996). VMD - Visual molecular dynamics. *J Mol Graphic Model*, 14:33–38.
- [16] Ryckaert, JP., Icrott, G. y Berendsen, JJC. (1997). Numerical integration of the cartesian equation of motion of a system with constraints: molecular dynamics of n-alkanes. *J Comput Phys*, 23:327–341.

Derivación de la función del corrimiento hacia el rojo en agujeros de gusano del tipo Morris-Thorne estabilizados con energía fantasma

Raúl Isea

IDEA

Hoyo de la Puerta, Baruta, Venezuela

risea@idea.gob.ve

Fecha de recepción: 05/03/2016

Fecha de aceptación: 24/04/2017

Pág: 111 – 120

Resumen

Se postula una nueva ecuación de la función del corrimiento hacia el rojo para atravesar un agujero de gusano con simetría esférica del tipo Morris-Thorne estabilizado con energía fantasma, caracterizas por incumplir la condición de energía débil, como se demuestra con tres ejemplos. Por último, se determina el valor de w de la ecuación de estado a partir de una nueva función del corrimiento hacia el rojo tal que se cumpla la condición $w = -1$.

Palabras clave: agujero de gusano, Morris-Thorne, energía fantasma.

1 Introducción

Morris La posibilidad de emplear agujeros de gusano para viajes interestelares ha sido posible gracias a las ecuaciones presentadas por Morris y Thorne [1, 2], las cuales expresan cómo se conectan dos regiones diferentes de nuestro universo o cómo atravesar distintos universos a través de un agujero de gusano.

Hasta la fecha se han publicado numerosos trabajos referidos a la expansión acelerada de nuestro universo [véase por ejemplo [3, 4, 5] y las referencias ahí citadas], causada por la presencia de materia oscura (*dark matter*), lo cual implica que $\ddot{a} = 0$ en la ecuación de Friedmann, es decir:

$$\ddot{a} = -\frac{4\pi}{3}a(\rho + 3p) > 0 \quad (1)$$

Por otra parte, es conocido que la ecuación de estado viene dada por la relación $p = w\rho$ donde p y ρ son la presión y la densidad de energía, respectivamente, con un rango posible de valores de w que satisfagan la ecuación de Friedmann. En el caso de que w esté comprendida entre -1 y $-1/3$, se denomina el modelo de quintaesencia (del inglés *Quintessence*), como lo definieron

Caldwell, Dave y Steinhardt en 1998 [6]. En el caso que tenemos: $w = -1$, corresponde a un fluido de densidad de energía constante asociada con la constante cosmológica [7]. Finalmente, cuando $w < -1$ se denomina fantasma (*phantom energy*) que es justamente la condición que se analizará en este trabajo.

2 Energía Fantasma

La característica fundamental de la energía fantasma es que la densidad de energía aumenta a medida que el universo se expande a un ritmo más acelerado del que ocurría con una constante cosmológica [8].

El satélite WMAP ha confirmado que aproximadamente el setenta por ciento de la energía de nuestro universo es del tipo oscura, y un estudio publicado por Komatsu y colaboradores llegaron a establecer que el valor de w es cercano a -1 , para ser más exacto, $w = -1.10 \pm 0.14$ de acuerdo a WMAP+BAO+H_o (detalles de la nomenclatura y cálculo en [9]), y este valor negativo ha permitido conceptualizar la existencia de los agujeros de gusano. Sin embargo, este tipo de energía trae como consecuencia que en un determinado momento del tiempo ocurrirá una catástrofe conocida como *Big Rip* (traducida como el *Gran Desgarro*). Al respecto, Gonzalez-Díaz indicó que los agujeros de gusano de tamaño de Planck pueden aumentar de tamaño rápidamente hasta llegar a sobrepasar el tamaño del universo, pero “explotan” justo antes de que ocurra el *Big Rip*, evitando así esa catástrofe [10].

En la próxima sección se comenzará a derivar una nueva ecuación de la función del corrimiento hacia el rojo para atravesar un agujero de gusano según el modelo presentado por Morris-Thorne [1], que admite los viajes intergalácticos [detalles en la referencia [2]], de acuerdo al procedimiento descrito por Garattini y Lobo [12]. Posteriormente se derivan dos funciones del corrimiento al rojo de acuerdo al procedimiento anterior, hasta que finalmente se plantea una nueva función que satisface las condiciones del viaje intergaláctico.

3 Derivación de la función del corrimiento al rojo

El punto de partida de nuestro análisis es considerar un elemento de línea estático y simétrico en coordenadas esféricas dado por [1]:

$$ds^2 = -e^{2\Phi(r)}dt^2 + e^{(r)}dr^2 + r^2(d\theta^2 + \sin^2\theta d\phi^2) \quad (2)$$

donde $\Phi(r)$ determinará la función del corrimiento hacia el rojo gravitacional, también conocido por su nombre en inglés *redshift*, mientras que $e^{(r)}$ está dado por

$$e^{(r)} = \frac{1}{1 - \frac{b(r)}{r}} \quad (3)$$

donde $b(r)$ es la función de forma que fue descrita en [1]. De hecho, si el radio de la garganta del agujero lo definimos como r_o , entonces se debe cumplir una serie de requisitos por los cuales

sea del tipo atravesable, los cuales son $b(r_o) = r_o$. Asimismo, para garantizar la formación del agujero de gusano se debe mantener la condición $b'(r_o) < 1$ y $b(r) < r$, donde la prima representa la derivada con respecto a r . Finalmente, y como se describe en [1], debe tenerse presente que $\frac{b - b'r}{2b^2} > 0$, que son justamente las condiciones para que exista un agujero de gusano y pueda emplearse para viajar a través de él por su garganta, manteniendo la condición de energía débil, es decir, $p + \rho < 0$ [11].

La solución de la ecuación de campo de Einstein es

$$G_{uv} = 8\pi T_{uv} \quad (4)$$

donde se ha considerado el sistema de unidades $G = c = 1$.

Por la literatura sabemos que la expresión del tensor energía impulso T_{uv} está dado por $T_{uv} = (p + \rho)u_u u_v - pg_{uv}$, donde se debe cumplir la condición $u_u u_v = -1$. Por lo que las ecuaciones de campo de Einstein se obtienen de la expresión (2) considerando la ecuación (4):

$$G_{tt} : \frac{b'}{r^2} = 8\pi\rho \quad (5)$$

$$G_{rr} : \frac{2r(r - b)\Phi' - b}{r^3} = 8\pi p_r \quad (6)$$

$$G_{\theta\theta} : \frac{2r^2(r - b)(\Phi'' + \Phi'^2) + \Phi'r[(2 - b')r - b] - b'r + b}{2r^3} = 8\pi p_t \quad (7)$$

teniendo presente que $p_t(r)$ es la presión medida en las direcciones laterales (ortogonal a la dirección radial). De las ecuaciones (5) y (6) fácilmente se deduce

$$b' = 8\pi\rho r^2 \quad (8)$$

$$\Phi' = \frac{8\pi p_r r^3 + b}{2r(r - b)} \quad (9)$$

Al integrar la ecuación (8) obtenemos

$$b(r) = b(r_0) + \int_{r_0}^r 8\pi\rho(r)r^2 dr$$

Si evaluamos la ecuación anterior en $r = r_0$, es sencillo comprender que se puede definir $b(r) \equiv 2m(r)$, ya que

$$m(r) = \frac{r_0}{2} + \int_{r_0}^r 4\pi\rho(r)r^2 dr$$

lo que permite asociar a $m(r)$ como una distribución de masa del agujero de gusano ya que el segundo término es claramente la ecuación de una masa efectiva en el interior de una esfera de radio r , y justo en el límite cuando $r \rightarrow \infty$ se obtendrá la masa del agujero de gusano.

En paralelo, es posible derivar una expresión que relaciona la presión radial con la lateral partiendo de la ecuación (7), y eliminando los términos de b' y Φ'' , hasta poder alcanzar

$$p_r' = \frac{2}{r}(p_t - p_r) - (\rho + \rho_r)\Phi' \quad (10)$$

De la ecuación de estado se conoce que $p_r = wp$ de modo que al ser $w < 1$, la (9) se puede reescribir como

$$\Phi' = \frac{w(r)rb'(r) + b(r)}{2r[r - b(r)]} \quad (11)$$

gracias a la relación (8) que vincula la densidad radial con b' .

Esta última ecuación permite derivar la expresión del corrimiento hacia el rojo integrándola con el parámetro radial. Para ello, se va a suponer la siguiente expresión de $w(r)$ la cual debe cumplir la condición de energía fantasma, es decir, $w(r_o) \leftarrow -1$ y que además es $-1 < w(r)$, por lo que se puede suponer una función [9]:

$$w(r) = -\alpha^2 + \beta^2 \left(1 - \frac{r_o}{r}\right) \quad (12)$$

donde α y β son constantes.

Para poder integrar la ecuación (11) es necesario también suponer una expresión de $b(r)$ y para ello, se van a considerar tres funciones diferentes las cuales se analizan a continuación, donde el Primer caso solo se está reproduciendo el resultado publicado en la literatura científica y permitirnos nuestra metodología. Los dos casos restantes se generalizan dichos resultados, hasta que finalmente se plantea una nueva función hacia el rojo, objetivo final del trabajo.

Primer caso: $b(r) = r_o + \gamma^2 r_o \left(1 - \frac{r_o}{r}\right)$

Consideremos la función de forma introducida por Garattini y Lobo [12] permitiéndole derivar una función del corrimiento hacia el rojo, y de esa manera, se verifica el procedimiento descrito en el presente trabajo. Ellos plantean una función de forma dada por la siguiente ecuación:

$$b(r) = r_o + \gamma^2 r_o \left(1 - \frac{r_o}{r}\right) \quad (13)$$

Dicha ecuación, como se indicó anteriormente, debe cumplir las condiciones anteriormente señaladas, es decir, $b(r) < r$, así como $b(r_o) = r_o$. Por otro lado, debe mantenerse que $b'(r_o) < 1$ de modo que al derivar la expresión $b(r)$ obtenemos

$$b'(r) = \frac{\gamma^2 r_0^2}{r^2} < 1$$

lo cual condiciona que la constante γ debe estar en el rango de valores $0 < \gamma^2 < 1$. Finalmente, se debe cumplir que $\frac{b - b'r}{2b^2} > 0$, es decir:

$$\frac{b - b'r}{2b^2} = \frac{r_o + r_o \left(1 - \frac{r_o}{r}\right) \gamma^2 - \frac{r_o^2 \gamma^2}{r}}{2 \left[r_o + r_o \left(1 - \frac{r_o}{r}\right) \gamma^2\right]^2}$$

efectivamente es mayor que cero si colocamos $r = r_o$ para su fácil identificación.

Al sustituir la expresión de $b(r)$ dado por la ecuación (13) así como $w(r)$ de acuerdo a (12), en la fórmula (11) correspondiente al corrimiento hacia el rojo, obtenemos

$$\Phi' = \frac{wrb' + b}{2r[r - b]} = \frac{r^2 r_o (1 + \gamma^2) - \beta^2 r^2 r_0^3 - rr_0^2 \gamma^2 (1 + \alpha^2 - \beta^2)}{2r^2 [\gamma^2 r_o (r_o - r) + r(r - r_o)]}$$

Al integrar la ecuación anterior, nos da

$$\begin{aligned} \Phi(r) = C + \frac{r_o \beta^2}{2r} + \frac{\ln(r - r_o)(\alpha^2 \gamma^2 - 1)}{2(\gamma^2 - 1)} - \frac{\ln(r)[\gamma^2(1 + \alpha^2) + \beta^2]}{2\gamma^2} + \\ + \frac{\ln(r - r_o \gamma^2)[\gamma^4 + (\beta^2 - \alpha^2)\gamma^2 - \beta^2]}{2\gamma^2(\gamma^2 - 1)} \end{aligned} \quad (14)$$

A pesar de haber realizado las consideraciones para que estas ecuaciones permitan que se pueda viajar a través del agujero de gusano, el tercer término de la ecuación (14) presenta un horizonte, por lo que fácilmente se puede evitar si se considera a $\alpha^2 = 1/\gamma^2$, y por carecer de alguna evidencia experimental, solo es posible suponer $C = 0$; por lo que la ecuación (14) será entonces

$$\Phi(r) = \frac{r_o \beta^2}{2r} + \frac{(1 + \gamma^2 + \beta^2)}{2\gamma^2} \ln \left(\frac{r - r_o \gamma^2}{r} \right) \quad (15)$$

El próximo paso es verificar que está última ecuación realmente viole la condición de energía débil indicada en la sección anterior, *i.e.*, $p + \rho < 0$, es decir:

$$p + \rho = \frac{1}{8\pi} \left(\frac{b'r + 2r(r - b)\Phi' - b}{r^3} \right) = \frac{\gamma^2 r_o^2 (1 + w)}{8\pi r^4}$$

y a raíz que w es menor o igual que -1 , se verifica que viola la condición de energía antes indicada.

Segundo caso: $b(r) = \sqrt{rr_0}$

Siguiendo el procedimiento anterior, consideremos ahora una función que fue postulada por Lemos y colaboradores [13] dada por $b(r) = \sqrt{rr_0}$, por lo que,

$$b'(r) = \frac{r_o}{2\sqrt{rr_0}}$$

Verificamos que $b'(r_o) = \frac{1}{2} < 1$, así como,

$$\frac{b - b'r}{2b^2} = \frac{1}{4\sqrt{rr_0}} > 0$$

Sustituyendo estas expresiones en la ecuación (11), obtenemos que

$$\Phi'(r) = \frac{-\beta^2 r_o^2 + rr_o(\alpha^2 - \beta^2 - 2)}{4r^2(\sqrt{rr_o} - r_o)}$$

Al integrar, tenemos

$$\Phi(r) = C_1 + \left(\frac{\alpha^2 - 2}{4} \right) \ln(rr_o) - \left(\frac{\alpha^2 - 2}{2} \right) \ln(\sqrt{rr_o} - r_o) - \frac{\beta^2 r_o(2\sqrt{rr_o}) + r_o}{4rr_o}$$

al igual anterior, se presenta un horizonte y por ende, se debe imponer la condición $\alpha = \sqrt{2}$. Asimismo, anulemos la constante de integración por carecer de evidencia experimental, de modo que la ecuación anterior será igual a,

$$\Phi(r) = \frac{-\beta^2(r_o + 2\sqrt{rr_o})}{4r}$$

Solo resta verificar que se incumple la condición de energía débil al obtener una expresión negativa, dada por,

$$p + \rho = \frac{-\sqrt{rr_o}[\beta^2 r_o + r(1 + \beta^2)]}{16\pi r^4}$$

Donde se verifica que satisface el requisito para mantener abierto el agujero de gusano.

Tercer caso: $b(r) = r_0 \left(\frac{r}{r_0} \right)^n$

Consideremos otra expresión para la función de forma $b(r)$ presentada en [12]:

$$b(r) = r_0 \left(\frac{r}{r_0} \right)^n \quad (16)$$

donde n es una constante, tal que se cumple que $b(r_o) = r_o$, $b'(r_o) = n$ y para que se cumpla que $b'(r_o) < 1$, entonces $n < 1$ y mayor que cero. De esa manera, repitiendo el procedimiento anterior para deducir la expresión del corrimiento hacia el rojo, es decir, sustituyendo la expresión (16) y su derivada en la ecuación (11), encontramos que

$$\Phi' = \frac{r_o \left(\frac{r}{r_o} \right)^2 [\beta^2 n r_o + (n(\alpha^2 - \beta^2) - 1)r]}{2r^2 \left[r_o \left(\frac{r}{r_o} \right)^n - r \right]}$$

Integrar esta última ecuación es muy laboriosa, y por eso se va a suponer que ω es un valor constante (independiente de r), y por ende, la integración de esta última ecuación será igual a

$$\Phi(r) = C_2 + \frac{1}{2} \left(\frac{1+n\omega}{n-1} \right) \ln \left(\frac{rr_o}{r_o r^n - r_o^n r} \right) \quad (17)$$

en donde se puede considerar $C_2 = 0$. Bajo esta última suposición, al calcular la expresión del cálculo de la energía débil dada por

$$p + \rho = \frac{n \left(\frac{r}{r_o} \right)^n r_o (1+w)}{8\pi r^3}$$

nuevamente esta última expresión es negativa a raíz que w debe ser menor o igual a -1 , requisito impuesto al suponer una energía fantasma.

4 Determinación de ω para validar una función de corrimiento al rojo

A diferencia del paso anterior, se realiza el proceso inverso, es decir, se parte de una definición de la función del corrimiento así como de la función de forma deducidas en el apartado 3. En este caso, consideraremos una función de forma dada por la expresión (16), y se va a definir una nueva función Φ semejante a las anteriores, tal que se cumpla $\omega(r_o) = \frac{-1}{n}$, la cual será

$$\Phi(r) \equiv \frac{r_o}{r} \ln \left(\frac{r}{r_o} \right) \quad (18)$$

De esa manera, al despejar la expresión de ω en (11), y sustituyendo en (16), nos conduce a

$$\omega = \frac{2r(r-b)\Phi' - b}{rb'} = \frac{\left(\frac{r}{r_o} \right)^n \left[2r_o \left(\ln \left(\frac{r}{r_o} \right) - 1 \right) - r \right] - 2r \ln \left(\frac{r}{r_o} \right) + 2r}{nr \left(\frac{r}{r_o} \right)^n} \quad (19)$$

Cuando $r = r_o$, el valor de $\omega(r_o) = \frac{-1}{n}$, y se cumple que $\omega \leftarrow -1$ (requisito presentado en la referencia [11]).

Al determinar la expresión $p + \rho$, entonces,

$$p + \rho = \frac{2 \left[\ln \left(\frac{r}{r_o} \right) - 1 \right] \left(\frac{r}{r_o} \right)^n r_o^2 + \left\{ (n-1)r \left(\frac{r}{r_o} \right)^n - 2 \ln \left(\frac{r}{r_o} \right) + 2r \right\} r_o}{8\pi r^4}$$

se verificará si estas expresión violan la condición de energía débil cuando se impone la condición $r = r_o$ en la expresión anterior, se obtiene

$$p + \rho = \frac{n-1}{8\pi r_o^2}$$

y como se indica en la sección anterior, n debe ser menor que 1, por lo tanto, la función propuesta en la ecuación (18) igualmente viola la condición de energía débil.

Una vez obtenidas esas funciones (la de forma y la de corrimiento), es posible determinar las expresiones de los términos de Christoffel, tensor de Ricci y tensor de curvatura, entre otros, lo cual se abordará en un próximo trabajo, así como considerar el tensor de Einstein-Maxwell para comparar dichos resultados. A modo de ejemplo, en el apéndice A se indican las expresiones diferentes de cero de los términos de Christoffel si la función de corrimiento hacia el rojo y la función de forma están dadas por (15) y (13), respectivamente.

5 Conclusiones

Se han determinado las expresiones del corrimiento hacia el rojo gravitacional de un agujero de gusano con la condición de que sea del tipo atravesable para permitir el viaje intergaláctico suponiendo tres funciones de forma diferente. Asimismo, se determina el valor de ω a partir de una nueva función de corrimiento al rojo donde se verifica que $\omega \leftarrow -1$ e igualmente viola la condición de energía débil, si dicho agujero está estabilizado con energía fantasma.

Apéndice A

Los valores de los coeficientes de Christoffel se obtuvieron tras evaluar la expresión (2) con la función derivada del corrimiento hacia el rojo descrita en (15), y la función de forma definida en (13) con excepción del término $\Gamma_{t,r}^r$ cuya expresión era demasiado extensa en comparación con el resto de los términos descritos en el trabajo:

$$\Gamma_{r,r}^r = \frac{r_0(\gamma^2(2r_0 - r) - r)}{2r_0r\gamma^2(r_0 - r) - 2r^2(r - r_0)}$$

$$\Gamma_{r,\theta}^{\theta} = \Gamma_{r,\Phi}^{\Phi} = \frac{1}{r}$$

$$\Gamma_{\theta,\theta}^r = \frac{\gamma^2 r_0(r - r_0) - r(r - r_0)}{r}$$

$$\Gamma_{\theta,\Phi}^{\Phi} = \cot(\theta)$$

$$\Gamma_{\Phi,\Phi}^r = \frac{\sin^2 \theta [\gamma^2 r_0(r - r_0) + r(r_0 - r)]}{r}$$

$$\Gamma_{\Phi,\Phi}^{\theta} = -\cos \theta \sin \theta$$

Bibliografía

- [1] Morris, M. S. y Thorne, K. S. (1988). Wormholes in space-time and their use for interstellar travel: A tool for teaching general relativity. *Am. J. Phys.*, 56:395–412.
- [2] Isea, R. (2016). La física de los viajes en el tiempo a través de un agujero de gusano. *Revista de la Escuela de Física*, IV:9–19.
- [3] Riess, A. G. et al. (1988). Observational Evidence from Super-novae for an Accelerating Universe and a Cosmological Constant. *Astronomical Journal*, 116:1009–1038.
- [4] Perlmutter, S. J. et al. (1999). Measurements of Ω and Λ from 42 High-Redshift Supernovae. *Astrophys J.*, 517:565–586.
- [5] Isea, R. (2015). Agujeros de gusano en un espacio no-comutativo del tipo Morris-Thorne considerando una teoría de gravedad modificada $f(R)$. *Revista CLIC Conocimiento Libre y Licenciamiento*, 14:2–8.
- [6] Caldwell, R. R., Dave, R. y Steinhardt, P. J. (1998). Cosmological imprint of an energy component with general equation-of-state. *Phys Rev Lett*, 80:1582–1585.
- [7] Sami, M. (2009). Dark energy and possible alternatives. Preprint en arXiv: 0901.0756.
- [8] Caldwell, R. R. (2002). A phantom menace? *Phys Rev Lett. B*, 545:23–29.
- [9] Komatsu, E. et al. (2011). Seven-year wilkinson microwave anisotropy probe (WMAP) observations: Cosmological interpretation. *Astrophys J. 686, suppl*:749–778.

- [10] Gonzalez-Diaz, P. F. (2004). Achronal Cosmic Future. *Phys Rev Lett.*, 93:071301-1–071301-4.
- [11] Lobo, FSN. (2005). Phantom energy traversable wormholes. *Phys. Rev. D*, 71:084011.
- [12] Garattini, R. y Lobo, F. S. (2007). Self sustained phantom wormholes in semi-classical gravity. Preprint en arXiv: 0701020v2.
- [13] Lemos, J.P., Lobo, F.S. y De Oliveira, S. Q. (2003). Morris-Thorne wormholes with a cosmological constant. *Phys Rev D.*, 68:064004.

Ensayos sobre la Creación de Conocimientos



Educación Ambiental Eco-Sistémica: conocimiento y realidad desde una percepción onto-epistemológica

Freddy José Berrios¹, Omaira García², Naybé Moreno³

Profesor Misión Sucre. UBV¹

Profesora U.L.A.²

Coordinadora de Divulgación de FUNDACITE Trujillo³

Trujillo. edo. Trujillo, Venezuela.

berriosfreddy@gmail.com, garcia.omairac@gmail.com, naybemoreno@gmail.com

Fecha de recepción: 11/11/2016

Fecha de aceptación: 05/04/2017

Pág: 122 – 128

Resumen

Se parte de considerar la necesidad que existe en el estamento educativo de generar y establecer acuerdos en materia de desarrollo ecológico que exalten el intercambio de conocimientos y la generación de programas de impacto ambiental, desde donde se derive una nueva responsabilidad, que perfil un nuevo rostro de la academia o un nuevo aspecto de su identidad, por ello se intenta como propósito **definir estrategias cognoscitivas en educación ambientalecosistémica**. Ello requiere un tipo de investigación “Introspectiva-vivencial” con fundamentación teórica basada en la teoría sistémica, esencialmente con una visión dialéctica. Se establecen como hallazgos lo relacionado a los diferentes dominios en el área ambiental eco-sistémica definidos como nuevas tareas en la academia, que no deben entenderse como labor extensionista las cuales tienen otra esencia, contraria a la visión dialéctica trabajada en este estudio que refiere actividades de transferencia de conocimientos científicos y tecnológicos y la sustentación de contenidos en el sistema educativo, que lleva implícita y explícitamente un significado de orden ético, esto se ha configurado como “cambio en la concepción onto epistemológica de la enseñanza en materia eco-ambiental”.

Palabras clave: ambiente, ecosistema, ontología, epistemología.

Introducción

La especie humana en su evolución ha supuesto como constante y solo como pretensión, comportamientos entrópicos y ordenados; pero a partir de los grandes desarrollos tecnológicos, sostiene Viñolas (2005)[10], existe modificación en gran escala de los entornos en los cuales se mueve esta especie humana, provocando que esta se convierta en una gran amenaza para sí

mismo y el planeta; este hecho de amenaza inminente a la sobrevivencia humana y a la del planeta, lleva a dudar acerca de la cultura de prevención y conservación predominante a nivel mundial; se establece además la duda sobre el tipo de ciencia, que se haya podido desarrollar. Al respecto, Pelayo (2004)[8] a esta presunción de lo cultural y científico, suma la problemática planetaria, y sostiene que la mayoría de las sociedades humanas, caracterizadas por una cultura consumista, está amenazando la vida del planeta, juntamente con la alteración perjudicial de componentes físico-químicos del medio donde la vida se desarrolla. De allí la necesidad de trabajar en diferentes contextos de presumibles desarrollo, las *interferencias y las rupturas de los principios ecológicos, la alteración de la salud ecológica y la conspiración contra modos de vida ecológicos*, por parte de los conglomerados que se presumen han recibido educación y han sido formados para la vida; más, contradictoriamente, se comportan “contra” la vida, en un afán de propiciar mayores niveles de desarrollo.

La Visión Teórico-referencial

Se asume como deber en cualquier ámbito de la investigación social, mostrar la organización sistemática del conocimiento acerca de educación ambiental, tanto de sus preconceptos como de los conceptos a construir. Apoyando a Giraldo y Gómez (2012)[5], organizar estos conceptos sería el resultado de trabajar la irrefutable visión sistémica que posibilita la identificación –libre de prejuicio– de todos los componentes a estudiar, inclusive así se corra el riesgo de subordinar a los actores sociales, quienes en últimas son los beneficiarios, los artífices o directos afectados de los procesos ambientales que ocurren en un territorio. Por esta visión sistémica, las temáticas que se integran en este trabajo de investigación (vida, ambiente, educación) son narradas en el seno de las tradiciones científicas de la biología, la antropología, la psicología y la cultura principalmente.

Los textos académicos de las disciplinas mencionadas afirman entre tantas argumentaciones creíbles, que por ejemplo la biología estudia la vida y los textos de antropología señalan la importancia de tener en cuenta los sistemas de significados que las diversas culturas le otorgan al ambiente, para garantizar sustentabilidad de sus estilos de vida. Todo este mundo de argumentaciones entorno a la vida y formas de sostenerla en el planeta, permiten percibir indefectiblemente que la síntesis de posibles soluciones a problemas de afectación ambiental, se dan bajo la concepción sistémica. Por fortuna, existen dos directrices acerca del manejo del conocimiento que en el presente trabajo se trabajan como útiles, para el diseño de estrategias educativas en materia de educación ambiental y preservación eco sistémica; estas directrices buscan entre otros propósitos, articular educación como ciencia partidaria de la vida (teoría y/o episteme) y la referencia a la integralidad entre todos los componentes de esta ciencia (práctica y/o ontogenia), que evocan las visiones cognitiva y fenomenológica en el estudio de la vida y su compromiso integrador en lo referido a sus constructos; es decir, que en el tratamiento a la problemática de la situación ambiental, de los ecosistemas y a la educación como canal en la búsqueda de soluciones, el conocimiento acerca de estos referentes demanda la reconfiguración en sus dimensiones onto-epistemológicas (ser y deber ser).

Concepción Epistemológica: el hombre y su relación con la ciencia o la teoría (saber)

La consideración epistemológica (búsqueda y construcción del conocimiento a partir de la teoría, del “saber” estructurado y sistemático) en la tarea de generar explicaciones creíbles acerca de lo que pasa en el mundo en materia ambiental, evoca el concepto de *vida ecológica* y está sustentado en la noción o teoría sistémica. Al respecto, García (2001)^[4] sostiene que la teoría de sistemas se generaliza al menos en tres elementos importantes como son, el fenómeno de la Complejidad, el recurso de la Transdisciplinariedad, y el mecanismo o segunda Ley de la Termodinámica, que evoca la Entropía o la noción de desgaste, como hecho inevitable. Por ello, la *concepción epistemológica refiere entre muchos otros compromisos, un primer grupo de responsabilidades relacionadas al dominio de explicaciones desde distintas teorías*, a los eventos que suceden en diferentes espacios, la sistematización de experiencias positivas en materia eco-ambiental, la prefiguración y configuración de vivencias que marquen el deber con los ecosistemas, y, la reversión a través de prácticas útiles, de los conceptos y eventos de deterioro ambiental. *Un segundo grupo de responsabilidades se relacionan con el dominio de preconceptos que expliquen y argumenten la normativa eco-ambientalista*, la configuración de la información que soporte o justifique las nuevas exhortaciones y medidas eco-ambientales, con lo cual se facilite la reconstrucción, conversión o transformación de lo que exista en materia de conocimiento de la materia eco-ambientalista.

Concepción Ontológica: el hombre y su relación con la práctica (ser)

Respecto a la interpretación ontológica (búsqueda y construcción del conocimiento a partir de lo que pasa en el mundo, de lo que refiere el “ser” o realidad) es inseparable del tratamiento epistemológico. Morín, citado por Barberousse (2008)^[2] argumenta que en el abordaje de la realidad, no se puede separar al sujeto, del objeto de la investigación. Así, a los principios de estudio de sistemas planteados en el párrafo anterior, considerando la realidad, debería entonces añadirse el término de Conectividad. En ese mismo texto, Morin también habla de Imprinting y Normalización con la idea de marcar a los humanos desde su nacimiento, primero con el sello de la cultura familiar, luego con el de la escolar, y después con la universidad o el desempeño profesional; todo ello perfectamente válido a las enseñanzas en materia ambiental-ecológica y sistémica.

Según Morín (1999)^[7] el método/camino/ensayo/estrategia contiene un conjunto de principios metodológicos que configuran una guía para pensar sobre lo complejo, uno de ellos es el principio dialógico. Ello se traduce en que no se podría concebir el nacimiento del Universo sin la dialógica del orden/desorden/organización. No se puede pensar la sociedad, reduciéndola a los individuos, o a la totalidad social. Complementando el enfoque onto-epistemológico que se utiliza en este estudio enmarcado en la concepción de la Teoría de Sistemas, se agrega la visión Abductiva y/o Dialéctico como base de estrategias eco-educativas; en la cual predomina el estudio de la interacción sujeto-objeto. En esta interacción sujeto-objeto para ver cualquier plano de la realidad, se observa una práctica educativa cargada de las consecuencias de muchos problemas de toda índole; problemas algunas veces diagnosticados pero no desterrados, y

muchas veces, en efecto desterrados, pero, contradictoriamente desterrados de la esencia de lo que cada disciplina debe abordar para transformar realidades, más no desterrados como problemas resueltos.

Metodología

Mediante metódica inferencial (método vivencial-interpretativo) de base documental-bibliográfica, esta investigación se lleva a cabo a través de un primer gran momento referido a una búsqueda y decantación sistemática de los conceptos de educación ambiental, eco-educación y/o formación eco-sistémica. En un segundo gran momento, en el presente estudio se trabaja con la referencialidad a la triada “coherencia”, “sustentabilidad” y “consistencia” teórico-práctica, para argumentar y/o fundamentar la conocida problemática ambiental que toca distintas disciplinas de las ciencias sociales; para ello se revisaron 10 artículos científicos publicados en prensa local e internacional (DPA, EFE, AP, AFP, Reuters) de cuya revisión se conoció que el Grupo Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC) de la ONU, IPP-ONU (2014)^[6] integrado por 2.500 científicos de más de 130 países, estableció con más de 95 % de probabilidad que el calentamiento actual del planeta es causado por el desmesurado consumo energético de la especie humana, y traerá como consecuencia, entre otros aspectos, exceso de lluvia en algunas regiones y sequía en otras, aumento y frecuencia de la velocidad de huracanes, derretimiento de glaciales, aumento del nivel del mar, entre otros efectos desfavorables (IPCC-ONU, 2014¹).

Esta problematización requiere agotar un tercer gran momento en esta investigación referido a la filtración de referentes que se asumen son la base de toda propuesta de desafectación ambiental, como lo son las nociones acerca de lo ambiental-ecológico-sistémico, lo cual se logra con la opción metodológica basada en la confrontación teórico-referencial de los conceptos ya agotados en el primer momento de base teórica, para lograr la separación de sus referentes y la *re-derivación* de las categorías que hacen entendible y creíble la propuesta de estrategias cognoscitivas ambiental-ecosistémicas.

En este momento de la investigación se realiza una *revisión de las distinciones epistemológicas* y *ontológicas* en las cuales existen cuatro enfoques epistemológicos, De Berrios y Briceño (2009)^[3] como campos epistémicos desde donde se pudiera orientar esta investigación. Se observa dentro de estos campos epistémicos, los denominados enfoques epistemológicos que dan cuerpo a un plan de trabajo tanto para la apropiación del conocimiento o dominio de la teoría, como para la apropiación de la información o dominio de la práctica.

En este sentido se toma como marco dentro del cual se ubica la presente investigación, la distinción “onto-epistemológica” denominada *enfoque racional-idealista*, el cual tiene como

¹ ClimateChange 2014: Mitigation of ClimateChange: El cambio climático es real, está ocurriendo ahora de manera “inequívoca” y los seres humanos han causado la mayor parte del calentamiento global. Esas son las líneas maestras del nuevo informe científico de las Naciones Unidas. Disponible: <https://canalazul24web.wordpress.com/2013/09/28/la-onu-culpa-al-hombre-del-cambio-climatico-con-una-certeza-del-95/>

fundamento las expresiones vivencial-interpretativas (ya referidas), los enfoques reflexivistas, las expresiones de la teoría crítica, la neo-dialéctica, así como todo lo que se oriente bajo la concepción del constructivismo, es decir, el reforzamiento de constructos teóricos o conocimientos que ya se poseen. Así, bajo este *enfoque “racional-idealista”*, para esta investigación acerca de lo ambiental-ecológico-sistémico, se valida la introspección o la ***búsqueda vivencial interactiva y participativa del conocimiento referido a esta triada ambiental-ecológico-sistémico***; y responde a la necesidad de darle al conocimiento racional una fundamentación que fuera más allá de lo convencional teórico o conceptual, y que trascienda lo físico o experimental como son las cifras o datos que reporten la situación problemática mundial en esta materia, como explica Azócar (2006) [1]

Discusión y Resultados

Estrategias Cognoscitivas Eco-ambientales

Esta breve descripción de las visiones (epistemológica, ontológica y abductiva) para enfocar las estrategias cognoscitivas, como el fundamento de la eco-educación, genera las siguientes expresiones o estrategias propiamente dichas:

1. **Estrategias de Conectividad**, las cuales refieren la existencia de un sujeto y un objeto de educación ecológica y ambiental como ámbitos inseparables, y donde se exalte la estructura de *roles y compromisos* en materia de preservación eco-ambiental, en lo cual se establezcan las relaciones del hombre con la naturaleza. En este referente de la Conectividad como estrategia, se señalan todas aquellas *prácticas frecuentes, observaciones periódicas, visitas programadas, hacia espacios de elevado compromiso de resguardo y protección ambiental-ecosistémico*, con la respectiva instrumentaria que favorezca el referido compromiso de conectividad.
2. **Estrategias de Imprinting**, definidas como las enseñanzas y exhortaciones equivalentes a las marcas sin retorno, que se impregnán en las primeras experiencias familiares, escolares y laborales, y que se comportan como sello familiar, escolar y profesional, que como sello o impronta son una especie de tinta indeleble difícil de quebrantar como efecto de permanencia o influencia de determinados contextos. Al respecto se determinan como de alto imprinting, el *involucramiento e integración de la triada familia-escuela-comunidad, en la programación de cursos formativos, talleres e instruccionalidad, sobre los temas referido a resguardo y protección ambiental – ecosistémico*, así como en el desarrollo de las estrategias de conectividad.
3. **Estrategias Dialógicas**, referidas a las acciones de escenificación o abordaje en escenarios reales, de eventos que denotan los tres grandes momentos de la vida de los eco-sistemas. Estas acciones han de estructurarse para su entendimiento y esta estructura establece como primera fase, al **orden** de los componentes de los ambientes y/o ecosistemas, que

se da por su misma esencia y/o de manera espontánea; una segunda fase se refiere a mostrar o experimentar el **desorden** de los componentes y de las relaciones entre éstos, todo lo cual reporta una dinámica interna quasi indetenible; esta acción de vivencias o experiencias sobre desorden, da paso a una tercera fase relacionada con la identificación de acciones de **re-ordenamiento** como el resultado de mantener una fuerte inclinación a la vida, que los mismos ambientes y ecosistemas muestran como aspecto deseable y necesario.

La dialogicidad como estrategia de conocimiento de la realidad ambiental y ecosistémica, se cumple con la *instrucción real (teórico-práctica) acerca de la relación entre, proyectos ambientales-ecosistémicos como la construcción de parques naturales temáticos, acondicionamiento de espacios o ambientes naturales*, entre otras alternativas que en su esencia tienen propósitos de vida (orden), y la no deseada pero real intervención del hombre que en el uso de estos espacios genera desgaste (desorden) entorpeciendo la calidad de vida que este acondicionamiento de espacios llevan como sistema modular de funcionamiento. Esta relación que se presume como lo “bueno” y lo “malo” (orden-desorden) en torno a iniciativas ambientales y ecosistémicas, genera un tercer aspecto y más importante de la dialogicidad como triada, relacionado con la *intervención planificada, consciente y permanente de las instituciones públicas y privadas así como son la participación de la familia, escuela y comunidad, con planes de re-ordenamiento, reconstrucción, resarcimiento y/o reparación de lo “malo” evocado en la noción de desgaste atribuible al uso o abuso o desvalorización de las bondades de lo ambiental y ecosistémico, que el hombre y las instituciones no pueden ni deben ignorar.*

4. **Estrategias Abductivas**, las cuales hacen referencia a acciones que son recursivas (en orden a su aplicación) y pueden ser aplicadas o trabajadas concurrentemente con las estrategias anteriores expuestas, por cuanto la abductividad, según Rodríguez (2005)[9] alude una mayor explicación e inferencias que promueve la interacción, la transformación e incidencia del sujeto con propiedad cognitiva, sobre el objeto o realidades con las cuales interactúa. Se aplica la estrategia abductiva *cuando se instruye en materia ambiental-ecosistémica con un pensamiento crítico e investigativo en la triada familia-escuela-comunidad; la abductividad ayuda a la toma de decisiones integrales y de inter-responsabilidad* en el momento de solucionar problemáticas de la vida cotidiana y su relación con la materia ambiental.

Al cierre:

Si la educación mantiene su referente para la “vida”, obtiene en las estrategias cognoscitivas, un pilar importante para el necesario reconocimiento de las variadas formas de violación o alteración del ordenamiento natural y cultural que define la calidad de vida. El conocimiento onto-epistemológico que contienen las estrategias cognoscitivas ofrece al sistema educativo lineamientos para reconocer puntos de partida teóricos o hipótesis menores que deben preservarse para el equilibrio ambiental y/o eco-sistémico; así mismo ofrece la posibilidad

de reconocer eventos contrarios al deber ser, y declarar formas posibles de superar síntomas de deterioro ambiental. Las estrategias cognoscitivas permiten visualizar en un contexto determinado, las interferencias y las rupturas de los principios ecológicos, la alteración de la salud ecológica y la conspiración contra modos de vida ecológicos, con lo cual se pueda cimentar la agenda de re-construcción sobre la base de una realidad conocida.

Bibliografía

- [1] Azócar, R. (2006). *Reflexiones epistemológicas corriente racionalista-deductiva*. UNELLEZ, Venezuela.- Rectoría Institucional. Episteme No. 7. Año 2, Enero-Marzo 2006. Dirección Institucional de Investigación e Innovación Tecnológica.
- [2] Barberousse, P. (2008). *Fundamentos Teóricos del Pensamiento Complejo de Edgar Morín*. Universidad Nacional. Heredia, Costa Rica. Revista Educare. Vol.XII, N2, 95-113, ISSN: 1409-42-58.
- [3] De Berrios, O., Briceño de G, M. (2009). *Enfoques Epistemológicos de la Investigación de 4to. Nivel*. Revista Científica Visión gerencial. ULA. ISSN 1317-8822. Año 8. Edición Especial. Pp:47-54.
- [4] García, O. (2001). *Pensamiento complejo e interdisciplinariedad en organizaciones sociales*. Educere (12). Pp. 281 – 286.
- [5] Giraldo, J. y Gómez, T. (2012). *105 ideas de ecología*. Editorial Asociación para la Cultura Aula Magna. España. ISBN: 9788475563800.
- [6] IPP-ONU (2014). *Climate Change 2014: the AR4 Synthesis Report*. Edited by Rajendra K. Pachauri, IPCC Chairman, Andy Resinger, Head of Technical Support Unit, The Core Writing Team. Published by IPCC, Geneva, Switzerland, 2014.
- [7] Morín, E. (1999). *Las Cegueras del Conocimiento: el error y la ilusión*. En: *Los siete saberes necesarios en la Educación del Futuro*. UNESCO. www.bibliotecasvirtuales.com/biblioteca/art/unhbox\voidb@x\bgroup\let\unhbox\voidb@x\setbox@\tempboxa\hbox{\OT1\i\global\mathchardef\accent@spacefactor\spacefactor}\accent19\OT1\i\egroup\spacefactor\accent@spacefactor\futurelet\@let@token\penalty\@M\hskip\z@skipculos/los7saberes/index.asp
- [8] Pelayo del Riego (2004). *La Agenda 21 Local*. Editorial MultiPrensa. Fundación Desarrollo y Naturaleza (DEYNA). España. ISBN: 9788484762027.
- [9] Rodriguez, R. (2005). *Abducción en el contexto del descubrimiento científico*. Rev.Filosofía. Univ.CostaRica, XLIII. Número doble(109/110),87-97,Mayo-Diciembre2005
- [10] Viñolas, J. (2005). *Diseño Ecológico*. Editorial Blume. España AÑO: 2005.EDICION: 1a. ISBN:9788495939081.

La alimentación y la nutrición. Referentes de identidad social y patrimonio cultural

Ernesto Elías De La Cruz Sánchez

Universidad Pedagógica Experimental Libertador,
Instituto Pedag de Miranda José Manuel Siso Martínez
Caracas, Venezuela
ernestodelacruz0203@yahoo.es

Fecha de recepción: 09/03/2017

Fecha de aceptación: 18/04/2017

Pág: 129 – 138

Resumen

Se presentan un conjunto de reflexiones sobre la Alimentación y la Nutrición desde la perspectiva social y cultural destacando: identidad, comportamiento, prácticas, uso-preferencia-gusto, hábitos, dieta, condicionantes y el pensamiento simbólico; aportando referentes en la interpretación de nuestra modernidad alimentaria hacia una transición nutricional y el rescate del patrimonio cultural gastronómico nacional-local. Entre los aportes se destaca: la resonancia que en la aparición de las enfermedades crónicas no transmisibles, la influencia de las características socioeconómicas, nuestro perfil nutricional, la industria alimentaria y las políticas agroalimentarias en Venezuela; se vinculan a la alimentación en su dimensión sociocultural, acción que se debe emprender en el marco de la Educación Alimentaria y Nutricional.

Palabras clave: cultura alimentaria, educación alimentaria y nutricional, políticas públicas.

Introducción

En líneas generales se ha utilizado la palabra mestizaje para designar las mezclas acaecidas en el siglo XVI en suelo americano entre seres y formas de vida surgidas de los continentes: América, Europa y África. Pero este término es ampliado al establecer mestizaje como el cruzamiento biológico entre individuos pertenecientes a razas diferentes, y por extensión a la mezcla de culturas diferentes, aunque para esto último se utiliza la palabra aculturación y con más propiedad la de transculturación. Este proceso de mestizaje no sólo produce en América un nuevo individuo desde el punto de vista biológico y genético, sino que es el resultado de toda una variedad de experiencias sociales y culturales, que se sincretizan y reinterpretan según la necesidad y las consecuencias históricas del mismo proceso (Parra, 2006[16]).

A este respecto, cabe señalar que cultura es: la suma total de lo que el individuo adquiere en una sociedad, es decir aquellas creencias, costumbres, normas artísticas, hábitos alimenticios y

artes que no son fruto de su propia actividad creadora, sino que recibe como legado del pasado, mediante una educación regular o irregular (Pineda, 2003, p.13[17]). Este legado es modificado por las generaciones sucesivas, aunque conserva, sin embargo, algunos elementos que lo vinculan con su pasado y con las tradiciones, uno de estos legados claves para entender el proceso de la cultura lo constituye la gastronomía.

Es precisamente la gastronomía con sus ingredientes, sabores, recetas, utensilios y maneras de preparar los alimentos que constituye uno de los elementos sustantivos de la identidad de nuestra nación y de herencia: propia, profunda, única, mestiza y cultural (Atencio, 2008[2]). En consecuencia, la gastronomía nacional y regional conforman un patrimonio común de todas las personas sin distinción de clases, en cuyo uso, preservación y difusión tienen responsabilidad sus habitantes.

La alimentación y la nutrición. Encuentro entre lo cultural y lo social

En general, la mayoría de los especialistas en el campo de la alimentación humana se orientan a considerar la conveniencia de articular la biología, la ecología y la cultura con el fin de aportar insumos a la comprensión del fenómeno y evitar reduccionismos biológicos, tecnológicos o sociales. Así es necesario aproximarse a entender a la alimentación como un hecho bio-psico-social complejo y como tal hay que abordarlo: la gramática culinaria, las categorizaciones de los diferentes alimentos, los principios de exclusión y de asociación entre tal y cual alimento, las prescripciones y las prohibiciones tradicionales y/o religiosas, los ritos de la mesa y de la cocina, etc., son todo ello estructura de la alimentación cotidiana.

La comida es algo más que una mera colección de nutrientes elegidos de acuerdo a una racionalidad estrictamente dietética o biológica. Igualmente, sus razones no son estrictamente económicas. “Comer” es un fenómeno social y cultural, mientras que la “nutrición” es un asunto fisiológico y de la salud (Contreras, 2002 [5]). Concebimos lo alimentario como el conjunto articulado de prácticas y procesos sociales, sus productos y consecuencias, que abarcan desde los recursos sobre los cuales se produce la materia prima para la elaboración de alimentos hasta el consumo de dichos alimentos y sus consecuencias (Alvarez y Pinotti, 2002[1]).

Razón por la cual, la Alimentación dentro de un grupo social, es preciso considerarla en razón de los factores que determinan el comportamiento alimentario de los seres humanos que lo integran y que son la base de la enorme variabilidad de hábitos, de gustos y preferencias que presentan los individuos, al llevar a cabo su elección de alimentos entre los cuales están: la disponibilidad del alimento, factores históricos y sociales como la conformación del grupo social al que pertenecen, los modos de producción y distribución de los alimentos, las características geo-climáticas y la biodiversidad (animal y vegetal), la tecnología culinaria disponible, la incorporación de la mujer al trabajo, las modas, los nuevos alimentos, la publicidad de nuevos productos, las innovaciones en tecnología culinaria tales como la olla de presión y el microondas, los factores religiosos y dentro de ellos podemos incorporar los modelos culturales, tradiciones y tabúes sobre los alimentos y por último, el factor referido al costo económico de los alimentos (Messer, 2002[14]; Rozin, 2002[18]).

La mayoría de los estudios sobre alimentación parten de una perspectiva construcionista, la cual consiste, básicamente, en abordar los elementos problemáticos que hoy se vinculan con la comida, analizando la alimentación como problema social. En relación con la alimentación, las situaciones conceptualizadas como problemas sociales tienen que ver con diferentes aspectos. Así, por ejemplo, la cantidad de alimento es problemático en casos de hambre y hambrunas. El exceso de consumo de alimentos o el auto-ayuno es un problema en la obesidad y en los desordenes alimentarios. La calidad de la comida es también problemática a causa de las cualidades biológicas relacionadas con la seguridad alimentaria y el impacto ecológico. Pero en el terreno de los comportamientos alimentarios, de su evolución y de sus recurrencias, de los gustos y las aversiones, el factor sociocultural juega un rol decisivo.

En forma específica, la producción de alimentos, en el marco de cualquier cultura, está en relación directa con las condiciones ambientales -dimensión ecológica, es decir la calidad del suelo, las formas de relieve, la disponibilidad de agua, los factores climáticos, etcétera, así como la cantidad y calidad de la mano de obra, factor biológico; que incluye cantidad de energía y de tiempo empleados por cada trabajador para producir mas energía en forma de alimentos.

Es así como, los diferentes usos de los alimentos, el orden, la composición, la hora y el número de comida diarias, todo ello está codificado de un modo preciso. Un cierto número de “indicadores” gustativos afirman una identidad alimentaria, delimita la pertenencia culinaria a un territorio determinado. Por ello las historias nacionales y las actitudes individuales relativas a la alimentación no pueden ser comprendidas completamente sino se relacionan con las diferentes costumbres alimentarias y con las particularidades que les son propias. Tales comportamientos forman la base de la cultura alimentaria, es decir: “El conjunto de representaciones, creencias, conocimientos y prácticas heredadas y/o aprendidas asociadas a la alimentación y que son compartidas por los individuos de una cultura dada o de un grupo social determinado dentro de una cultura” (Contreras y García, 2005. p.37.[\[6\]](#)).

Una forma de identificar estos rasgos lo podemos ubicar en lo que se denomina “comer geográfico”: entendido como el conocer o expresar una cultura de territorio a través de una cocina y de los productos de sus recetas. Ante todo, se debe distinguir entre productos y platos (las recetas), por un lado, y la cocina (entendida como un conjunto de platos y reglas), por otro. Los platos locales, ligados a sus productos, existen desde siempre. Desde este punto de vista los alimentos, son por definición territoriales, sobre todo si pensamos en la cultura popular, ligada más directamente a los recursos de cada lugar (Montanari, 2004[\[15\]](#)). Por ello, el conocimiento del territorio, de los ambientes y de los recursos locales ha sido siempre un dato esencial en la cultura alimentaria.

Razón por la cual, las historias nacionales y las actitudes individuales relativas a la alimentación no pueden ser comprendidas completamente sino se relacionan con las diferentes costumbres alimentarias y con las particularidades que les son propias. Los hábitos alimentarios son una parte integrada de la totalidad cultural. Somos lo que comemos y comemos lo que somos. Más aún Somos lo que comemos, no solo porque los alimentos que ingerimos proporcionan a nuestro organismos las sustancias bioquímicas y la energía necesaria para subsistir, adquiriendo con ello sus propiedades físicas, sino porque el consumo de los alimentos supone también la

incorporación de sus propiedades morales y comportamentales, contribuyendo así a conformar nuestra identidad individual y cultural (Contreras y García, ob. cit[6]).

En el escenario de la alimentación, las prácticas alimentarias no son solo hábitos, en el sentido de repetición mecánica de actos y no pueden interpretarse, como frecuentemente se ha hecho, como hábitos, más o menos inadecuados, sino que deben ser considerados como consecuencia también de razones culturales, ya que lo cierto es que los alimentos, además de nutrir, significan, comunican y expresan. Es por ello importante destacar, que la comida proporciona importantes aspectos de identidad sociocultural. Donde los modos como son preparados y servidos los alimentos expresan los modos mediante los cuales los individuos de diferentes sociedades proyectan sus identidades. Las prácticas alimentarias son, a su vez, cruciales para la reproducción social de las sociedades. De hecho, la alimentación es el primer aprendizaje social del ser humano.

Desde otra perspectiva, lo que llamamos cultura se encuentra en el punto de intersección entre la tradición y la innovación. Es tradición cuando está constituida por los conocimientos, las técnicas y los valores que nos han sido transmitidos. Es innovación cuando estos conocimientos, técnicas y valores modifican la posición del hombre en el contexto ambiental y le dan la capacidad de experimentar nuevas realidades. Podríamos definir la tradición como una innovación bien lograda. La cultura es la interfaz entre las dos perspectivas (Montanari, ob. cit[15]).

Es así como, las costumbres alimentarias en términos de la formación y persistencia de la “cocina” cultural –un término que se usa para describir “el conjunto de prácticas relacionadas con la alimentación culturalmente elaboradas y transmitidas de una cultura determinada” (Messer, ob. cit. p.127.[14])–, en las que se incluye: a) la selección de un conjunto de alimentos básicos; b) el uso frecuente de un conjunto característico de sabores; c) la elaboración característica (cortado, cocinado) de estos alimentos; d) la adopción de una variedad de reglas referentes a la aceptabilidad y combinación de alimentos, las comidas festivas, el contexto social de las comidas y los usos simbólicos de los alimentos. La manera como los grupos étnicos “marcan” los alimentos en un nuevo entorno mediante condimentos y pautas de preparación particulares, pero también cómo las comidas festivas u ordinarias de una cultura mayoritariamente acaban siendo “marcadas” al rodearse de alimentos típicos dentro de la estructura típica de una comida, todos ello también sugiere formas de continuidad étnica (idem[14]).

A su vez, se entiende por cocina “un complejo que incluye desde los alimentos básicos usados regularmente como ingredientes en las recetas, hasta el significado cultural de ellos dentro de los contextos económicos, sociales, psicológicos y religiosos” (Lovera, 2006. p.36.[11]). En forma específica, el “menú” se refiere a aquel conjunto de principios que guían la selección de alimentos a partir de la totalidad disponible. Los menús tradicionales establecen sus recomendaciones y normas de elección y combinación alimentaria a partir de prácticas habituales- tales costumbres, y las creencias que las soportan, han sido construidas a lo largo de generaciones y derivan su autoridad y legitimidad del estatus adquirido a través del tiempo (Contreras y García, ob. cit.[6]).

Razón por la cual, en el acto de la alimentación, el hombre biológico y el hombre social o cultural están estrechamente ligados y recíprocamente implicados. En este acto pesan un conjunto de condicionamientos múltiples y ligados por complejas interacciones: condicionamientos y regulaciones de carácter bioquímico, termodinámicos, metabólicos, psicológicos; presiones de carácter ecológico; pero también, los condicionamientos socioculturales son poderosos y complejos.

La gente hace elecciones individuales aparentemente de acuerdo con sus propias preferencias. Sin embargo, al mismo tiempo, esas preferencias son altamente predecibles si conocemos el origen social de las personas (capital económico y capital simbólico). En este sentido, el vínculo con la estratificación social es próximo. Estos gustos o preferencias alimentarias se abordan, sobre todo, desde la óptica de la transmisión y de la reproducción social, de manera que su transformación se explica, antes que por el cambio del contenido de las hábitos, es decir, del conjunto de prácticas y representaciones de un grupo social determinado, por la movilidad social de los individuos o por la valoración de la composición social (idem [6]).

Podría decirse: en nuestra sociedad contemporánea, la alimentación tiende sin cesar, a transformarse en “situación”, de tal modo que pierde en sustancia y gana en “función”. Todo ello pone de manifiesto hasta qué punto la alimentación es un sistema orgánico, incorporado orgánicamente a un tipo definido de sociedad o de cultura (Contreras, ob. cit[5]). Razón por la cual los valores esenciales del sistema alimentario no deben ser definidos sólo en términos de naturalidad, sino como resultado y representación de procesos culturales que prevén la domesticación, la transformación y la reinterpretación de la naturaleza (Montanari, ob. cit[15]).

El sistema de valores de una sociedad determinada proporcionará las claves que se necesitan para entender lo que la gente come y por qué lo come. Así mismo, el sistema de valores juega una parte importante en la determinación de los alimentos que se percibirán como “para otros” y los que se perciben como “para nosotros”. Las preferencias alimentarias –lo que la gente come, por qué y cómo– están determinadas por otros factores además de los gustos puramente individuales. Factores que a primera vista parecen muy dispares, resultan estar estrechamente relacionados con las preferencias alimentarias. Independientemente de la necesidad de mantener la salud física, consideraciones relacionadas con la etnicidad, estatus y prestigio, capacidad económica aceptación dentro del grupo social o religioso, presión publicitaria y ajustes psicológicos, son todos ellos aspectos de la cultura que desempeñan papeles importantes en la determinación de las preferencias alimentarias [19].

De esta forma nuestra personalidad gastronómica, no responde necesariamente a las leyes de la nutrición sino preferiblemente a conductas adquiridas durante el complejo proceso de endoculturización culinaria. Si se nos pidiera los rasgos de nuestra identidad cultural, en muchos casos, recurriríamos a la distinción alimentaria, es decir, a lo que comemos por contraposición con lo que otros comen, pues lo que constituye nuestra práctica alimentaria colectiva es una de las características más resaltantes del grupo al que pertenecemos (Lovera, 1991[12]).

La evolución de la estructura del sistema culinario se relaciona no sólo con las iniciativas de los productores de las innovaciones, sino también con las creencias y las representaciones de las sociedades que las reciben. La innovación, y su eficacia en la adopción, está relacionada

con las propiedades, tanto objetivas como subjetivas, de lo que se transfiere, y también con las características de los receptores y de los medios de transmisión de las informaciones relacionadas, así como con la red de relaciones interpersonales existentes en el medio donde la innovación se presenta (Cartay y Chuecos, 1994.[\[4\]](#)).

La comida es cultura cuando se produce, porque el hombre no utiliza solo lo que se encuentra en la naturaleza, sino que ambiciona crear su propia comida, superponiendo la actividad de producción a la de captura. La comida es cultura cuando se prepara, porque, una vez adquiridos los productos básicos de su alimentación, el hombre los transforma mediante el uso del fuego y una elaborada tecnología que se expresa en la práctica de la cocina. La comida es cultura cuando se consume, porque el hombre, aun pudiendo comer de todo, o quizás justo por ese motivo, en realidad no come de todo, sino que elige su propia comida con criterios ligados ya sea a la dimensión económica y nutritiva, ya sea a valores simbólicos de la misma comida. De este modo, la comida se configura como un elemento decisivo de la identidad humana y como uno de los instrumentos más eficaces para comunicarla (Montanari, ob. cit[\[15\]](#)).

Al tratar de interpretar estos referentes en la alimentación de grupos sociales específicos, se debe plantear: (a) la alimentación de los pueblos implica referirse no sólo a su relación con el medio, de donde obtienen la energía en forma de alimento, sino a la forma cómo perciben ese medio: si se sirven de él o si lo manejan, si lo ven sólo como proveedor de su subsistencia o como un recurso del cual obtener un beneficio económico. Y esto a su vez está relacionado con el inventario tecnológico disponible para la explotación de ese medio. Mientras más primaria sea la tecnología es probable que el impacto sobre el medio ambiente sea menos negativo; (b) analizar los sistemas alimentarios y de nutrición pone al descubierto, si se sabe ver, la organización social, la distribución del poder dentro de la sociedad, la concepción de la sociedad respecto al medio ambiente, la jerarquía según la edad entre los sexos, etcétera; y (c) los sistemas alimentarios, los alimentos, las estrategias de obtención y conservación de los mismos, las circunstancias de su ingestión, la ideología vinculada, la distribución de los mismos, etcétera, en síntesis, son reveladores de muchos otros aspectos de la cultura total de los pueblos (Torres y Santoni, 1997 [\[20\]](#)).

Aquí se destaca lo que expresamos como nuestros “alimentos preferidos” (buenos para comer) son aquellos que presentan una relación de costes beneficios prácticos más favorables que los alimentos que se evitan (malos para comer). Los costes y beneficios en materia de nutrición constituyen una parte fundamental de esta relación: los alimentos preferidos reúnen, en general, más energía, proteínas, vitaminas o minerales por unidad que los evitados. Algunos alimentos son sumamente nutritivos, pero la gente los desprecia porque su producción exige demasiado tiempo o esfuerzo o por sus efectos negativos sobre el suelo, la flora y fauna, y otros aspectos del medio ambiente (Harris, 2011[\[9\]](#)).

Por otra parte, la alimentación también constituye una vía privilegiada para reflejar las manifestaciones del pensamiento simbólico y la alimentación misma constituye, en ocasiones, una forma de simbolizar la realidad. Creamos categorías de alimentos (saludables y no saludables, convenientes y no convenientes, ordinarios y festivos, buenos y malos, femeninos y masculinos, adultos e infantiles, calientes y fríos, puros e impuros, sagrados y profanos, etc).

Dicho mecanismo está pautado por el sistema de creencias y valores existente en cualquier cultura y puede determinar, a su vez, qué alimentos son objeto de aceptación o rechazo en cada situación y por cada tipo de persona.

Aparte de las dimensiones sensoriales, simbólicas y estructurales descritas, las consideraciones dominantes en las construcciones dietéticas parecen económicas. Incluso cuando la gente tiene conocimientos nutricionales sobre lo que sería bueno para comer, consideraciones sobre el sabor y el costo tienen preferencia en la determinación de las elecciones de alimentos, y los factores económicos, aún limitan las posibilidades de satisfacer las elecciones realizadas en base al gusto.

En este punto, se hace necesario distinguir entre tres términos que se confunden a menudo; uso, preferencia y gusto. “Uso” se refiere a si una persona o grupo consume un alimento en particular y en qué cantidad. “Preferencia” implica una situación de elección y se refiere a cuál de dos o más alimentos se escogen, y “Gusto”, que normalmente se mide mediante respuestas verbales, se refiere a una respuesta afectiva a los alimentos y constituye uno de los determinantes de las preferencias. Que un alimento se perciba como beneficioso para la salud puede constituir un determinante decisivo de la preferencia o del uso, pero puede tener poco que ver con el gusto (Rozin, ob.cit[18]).

La definición del gusto forma parte del patrimonio cultural de las sociedades humanas, así como existen gustos y predilecciones diferentes en diversos pueblos y regiones del mundo, así los gustos y predilecciones cambian con el curso de los siglos. Se presentan dos acepciones distintas del término gusto; una es la del gusto entendido como sabor, como sensación individual de la lengua y del paladar; una experiencia por definición subjetiva, escurridiza, incomunicable. Desde este punto de vista, la experiencia histórica de la comida está irremediablemente perdida. Pero el gusto es también un saber, es valoración sensorial de lo que es bueno o malo, gusta o disgusta, y esta valoración, viene del cerebro antes que de la lengua. Desde este punto de vista, el gusto no es en absoluto una realidad subjetiva e incomunicable, sino colectiva y comunicada. Es una expresión cultural que se nos transmite desde el nacimiento, junto con otras variables que ayudan a definir los valores de una sociedad (Montanari, ob.cit[15]).

Hasta aquí, se presentan dos tendencias contrastadas: la consistente en estudiar al ser humano como una especie biológica y la dedicada a abordar la diversidad cultural independientemente de toda consideración relativa al entorno. Esta bipolaridad, nos evoca la dicotomía naturaleza/cultura, y ha conducido en la actualidad a una oposición contrastada entre aproximaciones idealistas o materialistas. Del lado de la vida orgánica, desde el darwinismo cultural hasta la sociobiología y desde el funcionalismo hasta el materialismo cultural, se ha perpetuado la voluntad de afirmar las causas naturales de la cultura. Del lado de la vida cultural se encuentra toda la tradición durkheimiana y el estructuralismo, según la cual lo social es una realidad autónoma resultado del lenguaje y del pensamiento simbólico (De Garine, 2002[8]). En todo caso, la tendencia a lo largo de los últimos 50-60 años, ha sido el estudio de la problemática alimentaria centrada en lo biológico, lo cultural o lo ecológico y no han sido confrontadas las unas con las otras en el mismo nivel de igualdad.

Esta Modernidad alimentaria, creada por la revolución industrial, ha defraudado la relación

del hombre con su alimentación, desconectado los códigos alimentarios referidos a las categorías sociales y los signos, ritos, y prácticas han entrado en crisis extrema. Se puede observar una desestructuración de los sistemas normativos y de los controles sociales los cuales tradicionalmente han regido las prácticas y las representaciones alimentarias (Contreras y García, ob. cit [6]).

Si bien los cambios socioculturales acaecidos en esta Modernidad, no es la evolución cultural en ella misma quien ha contribuido a perturbar los mecanismos reguladores, sino más bien la crisis cultural que atraviesan los países desarrollados y principalmente la desagregación o la desestructuración de los sistemas normativos y de los controles sociales que gobernaban tradicionalmente las prácticas y las representaciones alimentarias. Se perfila una crisis multidimensional del sistema alimentario, con sus aspectos biológicos, ecológicos, psicológicos, sociológicos, y esta crisis se inscribe en una crisis de civilización (Fischler, 2002)[7]).

Razón por la cual, algunos tipos de estrategias de mejora de los hábitos alimentarios están dominados por pensamientos irracionales, no por costes y beneficios prácticos. Si las costumbres dietéticas son, en esencia, resultado de la ignorancia, la religión o el simbolismo, en tal caso lo que habrá que cambiar será lo que la gente piensa. Si, por el contrario, lo que parecen nocivos pensamientos simbólicos o religiosos forman en realidad parte del conjunto de circunstancias prácticas que rodea la producción y asignación de los recursos alimentarios o está condicionado por éste, en tal caso serán dichas circunstancias prácticas lo que habrá que cambiar (Harris, ob.cit[9]).

Más aún, desde la época primitiva hasta el momento actual muchos de los problemas nutricionales tienen su raíz en los cambios ocurridos por causas como la domesticación de plantas y animales, base de la agricultura y la tecnología de los alimentos, hechos que han cambiado profundamente la composición de la dieta suscitando cambios en dichos hábitos alimentarios (Jaffé, 2002[10]). Estos hechos describen un marco cultural en el cual se establecen las elecciones de la alimentación, las interrelaciones entre sus determinantes antropológicos y biológicos, y en especial, sobre el impacto de estas decisiones alimentarias, aprendidas durante la infancia, sobre la génesis de enfermedades en la edad adulta tales como: obesidad, diabetes, hipertensión arterial, osteoporosis e hiperlipidemia (Busdiecker, 2000[3]).

Una alternativa nos la plantea José Rafael Lovera, en el deseo de que entendamos al conjunto de rasgos culturales alimentarios que nos son característicos como parte de un patrimonio y el cual es apenas recientemente cuando se ha reconocido oficialmente como tal. Los organismos internacionales han dado por llamar a este lado de la cultura; “patrimonio intangible”, lo cual no deja en el fondo de traslucir una especie de contrasentido como aseveraría cualquier comensal de nuestra mesa antigua. Antes que nada habría que desechar como supuesta categoría distintiva y exclusiva la de considerar que nuestra cocina es mestiza. ¿Es que hay alguna que no lo sea? Pensemos que tal rasgo es general a todo patrimonio culinario. De forma que es cierto que nuestra cocina es mestiza, pero al serlo todas las otras, no puede tal rasgo constituir la diferencia específica que la designe. Tal vez señalando las raíces de nuestra culinaria podríamos obtener ese rasgo distintivo; es decir se trata de una gastronomía en que se mezclan predominantemente tradiciones americanas, europeas y africanas y para salvaguardar este patrimonio cultural se

requiere con urgencia, sensibilizar a los integrantes de nuestra sociedad en relación con la importancia que tienen nuestras tradiciones alimentarias, ya que ellas constituyen parte del Patrimonio Nacional Cultural (Lovera, 2005[13]; Lovera, ob. cit[12]).

Consideraciones finales

La alimentación permite afianzar los valores culturales de una sociedad o grupo social en particular; pero, lo que está ocurriendo en nuestra población, son cambios en los patrones de alimentación tradicionales debido, en gran parte, a la facilidad de la industria alimentaria; la subvaloración, el sacrificio, lo poco eficiente y el desprestigio, que nuestra sociedad le ha adjudicado, falsamente, a la cocina tradicional.

Por ello la importancia de la promoción de la cultura gastronómica, el comer en familia, la valoración de la calidad de las dietas regionales, sin menos precio hacia las innovaciones culinarias, como elemento de la educación alimentaria y nutricional con énfasis en la infancia.

Se debe considerar a la cultura alimentaria, constituida por las prácticas de selección, preparación, combinación y distribución de los alimentos de forma positivas y favorables, las cuales nos mantienen como pueblo, como identidad y como cultura. Esta se expresa a través de las dietas regionales, de la promoción de la cultura gastronómica, de las innovaciones culinarias a través de nuevas preparaciones, la incorporación de nuevos ingredientes, la producción de rubros de alimentos adaptados a las diferentes condiciones geográficas.

Es por ello, que en el marco de la Educación Alimentaria y Nutricional, la alimentación –o situación nutricional– constituye una de las múltiples actividades de la vida cotidiana, que por su especificidad y evolución, adquiere un lugar protagónico en la caracterización e interpretación de las dimensiones biológicas, social, psicológica, simbólica, económica, religiosa y cultural de las poblaciones humanas.

Bibliografía

- [1] Álvarez M. y Pinotti, L (2002). *Procesos socioculturales y alimentación Serie antropológica*. Ediciones del Sol. Buenos Aires-Argentina, pp. 128
- [2] Atencio, H (2008). *Nuestra cultura gastronómica: origen, influencias y mestizaje* Edic. Fundación Venezuela en Positivo. Caracas
- [3] Busdiecker, S. (2000). *Cambios de los hábitos de alimentación durante la infancia* Revista Chilena Pediatría, 71 (1), pp. 5-11
- [4] Cartay R. y Chuecos, A. (1994). *La tecnología culinaria doméstica en Venezuela, 1820-1980* Área Económica Agrolimentaria. 1° Edición, Fundación Polar. Caracas, pp. 254
- [5] Contreras, J (2002). *Alimentación y Cultura. Necesidades, gustos y costumbres* México D.F: Alga-Omega, pp. 356

- [6] Contreras, J. y García, M. (2005). *Alimentación y Cultura Perspectivas antropológicas* Edit. Ariel Barcelona España, pp. 432
- [7] Fischler, C. (2002). *Gastro-nomia y gastro-anomia. Sabiduría del cuerpo y crisis biocultural de la alimentación contemporánea* Alimentación y Cultura. Necesidades, gustos y costumbres. Cáp. V. AlfaOmega Editores. México DF., pp. 357-380
- [8] De Garine, I. (2002). *Los aspectos socioculturales de la nutrición* Alimentación y cultura, necesidades, gustos y costumbres. España: Alfaomega. Cap III, pp. 129-170.
- [9] Harris, M. (2011). *Bueno para comer* Editorial Alianza. Madrid, pp. 252
- [10] Jaffé W. (2002). *Nuestros alimentos, ayer, hoy y mañana* Fundación Bengoa, Caracas, pp. 86
- [11] Lovera, J. (1991). *Gastronomía Caribeña* Centro de Estudios Gastronómicos CEGA, Caracas, pp. 156
- [12] Lovera J. (2006). *Gastronáuticas, ensayos sobre temas gastronómicos* Fundación Bigott, Centros de Estudios Gastronómicos, Caracas, pp. 158
- [13] Lovera, J. (2005). *Cultura y tradiciones de la alimentación en Venezuela* Anales venezolanos de Nutrición, Vol 18(1), pp. 138-140
- [14] Messer, E. (2002). *Perspectivas Antropológicas sobre la dieta* Alimentación y Cultura. Necesidades, gustos y costumbres. Alfa omega Editores, pp. 123-198
- [15] Montanari, M. (2004). *La Comida como cultura* Ediciones TREA, S. L., España, pp. 982
- [16] Parra, W (2006). *Mestizos y mestizaje en la iconografía colonial venezolana*. Fundación Editorial el perro y la rana, Colección Armando Reverón serie Laberinto, Caracas.
- [17] Pineda, Y. (2003). *Antropología cultural. La educación conecedora de lo humano* Retos y Logros N° 4. Subdirección de Investigación y Postgrado. I.P.M.J.M. Siso Martínez. Caracas
- [18] Rozin, P. (2002). *Perspectivas Psicobiológicas sobre las preferencias y Aversiones alimentarias* Alimentación y Cultura. Necesidades, gustos y costumbres. Alfa omega Editores. México D.F. 2002, pp. 89-122
- [19] Shack, D. (2002). *Determinantes sociales y culturales de las preferencias alimentarias* Alimentación y Cultura. Necesidades, gustos y costumbres. Cáp. II. p. 111-128. AlfaOmega Editores. México DF, pp. 199-236
- [20] Torres, G. y Santoni, M. (1997). *Los efectos de la conquista: modificación de los patrones alimentarios de la región del NOA, siglos XVI al XVIII*.p.61-98 Procesos socioculturales y alimentación. Serie antropológica. Ediciones del Sol. Buenos aires – Argentina, pp. 158

Experiencias de Conocimiento Libre



Las concepciones en la enseñanza y aprendizaje de las ciencias naturales ¿ayudan o entorpecen?

Rebeca Rivas

Universidad de Los Andes

Mérida, edo. Mérida, Venezuela

rebecarivas@ula.ve

Fecha de recepción: 27/10/2016

Fecha de aceptación: 18/04/2017

Pág: 140 – 151

Resumen

Los planteamientos y reflexiones que aquí se expondrán son el resultado de la inquietud surgida en los comienzos de mi vida como docente de Educación media en nuestro país y que ha trascendido hasta ahora en mi papel de mediadora en la educación universitaria. A partir de esto conduje mis estudios para acercarme a las explicaciones que intentan clarificar las razones de la existencia de aquellas concepciones y más aún persistentes en alumnos en contacto con la educación formal durante varios años. A través del presente artículo presentaremos, en primer lugar, la definición de concepción desde nuestra perspectiva, así como algunos datos importantes en cuanto a los diversos términos con los que son conocidas las concepciones. En segundo lugar, nos referiremos a la panorámica en cuanto al momento en que comenzó a hacerse alusión a las concepciones y la difusión de algunos estudios, incluyendo varios sobre concepciones en el campo de las ciencias naturales. Después discutiremos el aspecto central de nuestro trabajo exponiendo la posición de autores que sostienen que las concepciones facilitan el proceso de enseñanza y aprendizaje y aquellos que, por el contrario, sostienen que las concepciones no ayudan dicho proceso. Finalmente, se presentará una reflexión en cuanto a la posición que debemos asumir frente a las concepciones y cuál es el papel que éstas juegan en el proceso de enseñanza y aprendizaje de las ciencias naturales.

(...) estas ideas de los alumnos pueden depender en buena medida de las características de la tarea utilizada y de las preguntas planteadas. Pueden no responder a un modelo o representación no muy coherente y estable, sino más bien a una representación puntual y difusa que se crea sobre la marcha y en función del problema que el alumno tiene que resolver.
(Carretero, 2000. p. 23)[4].

Palabras clave: concepciones, enseñanza, aprendizaje, ciencias naturales.

Introducción

Este artículo representa parte de la inquietud que algunos docentes enfrentamos al ejercer nuestro rol de mediadores entre los conocimientos generados por los especialistas y los grupos de alumnos que tenemos a cargo en los diferentes momentos de nuestra vida académica. Es así como los planteamientos y reflexiones que aquí se expondrán son un tanto el resultado de una inquietud en particular surgida en los comienzos de mi vida como docente de Educación media en nuestro país. En mis inicios como docente en asignaturas relacionadas con las ciencias naturales en reiteradas oportunidades surgieron interrogantes al tratar de conocer y seguir las respuestas de los alumnos en cuanto a ciertos temas propios de dichas ciencias. Para ese momento solo representaban dudas y muy pocas respuestas en cuanto a mis inquietudes. Al llegar a trabajar en educación superior empecé a percatarme que los alumnos a mi cargo incurrián igualmente en definiciones un tanto pre científicas, confusas o pocas claras. A partir de allí quise conducir mis pequeños estudios en tratar de acercarme a las explicaciones para clarificar el por qué de la existencia de aquellas concepciones y más aún existentes en alumnos que de alguna manera han estado en contacto con la educación formal durante algunos años. Es así, como a través del presente artículo trataremos de discutir dos posiciones encontradas a partir de estudios realizados por especialistas en el campo de la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias naturales, que de alguna manera representa el contexto de estudio de nuestro interés.

A través del presente aporte presentaremos, en primer lugar, la definición de concepción desde nuestra perspectiva, así como algunos datos importantes en cuanto a los diversos términos con los que son conocidas las concepciones. En segundo, lugar nos referiremos un poco a la panorámica en cuanto al momento en que comenzó a hacerse alusión a las concepciones y la difusión de algunos estudios, igualmente mostraremos algunos estudios sobre concepciones en el campo de las ciencias naturales. Pasaremos, luego, al aspecto central de nuestro artículo en el que expondremos la posición de aquellos autores que sostienen que las concepciones facilitan el proceso de enseñanza y aprendizaje y aquellos otros que, por el contrario, sostienen que las concepciones no ayudan dicho proceso. Para esto encontraremos a los especialistas que ven las concepciones como limitantes del mencionado proceso y los que las conciben como ideas previas o conceptos científicos desde la perspectiva de los alumnos. Finalmente, cerraremos nuestro trabajo presentando una reflexión en cuanto a la posición que debemos asumir frente a las concepciones y cuál es el papel que éstas juegan en el proceso de enseñanza y aprendizaje de las ciencias naturales.

Justificación

El presente artículo representa un aporte por cuanto muestra un conjunto de reflexiones personales en cuanto a la presencia e importancia de las concepciones en el proceso de enseñanza y aprendizaje de las ciencias naturales. Si bien es cierto en todos los niveles educativos se enfatiza lo fundamental de aplicar el diagnóstico de lo que nuestros estudiantes saben y que a partir

de ello se planifique y desarrolle nuestra enseñanza, estamos conscientes que algunos docentes poco saben sobre la naturaleza, origen y tratamiento de estas concepciones. Esperamos así que este artículo sea un pequeño aporte que abra el camino hacia nuestro proceso de reflexión y la importancia de dichas concepciones, tanto para quienes hemos trabajado sobre éstas a lo largo de los años así como para quienes las comienzan a descubrir y más importante aún, podamos decidir el papel que les damos en nuestro diario actuar docente.

Objetivos de la Investigación

Objetivo General

Reflexionar sobre el origen, naturaleza e importancia que poseen las concepciones en el proceso de enseñanza y aprendizaje de las ciencias naturales.

Beneficiarios

Al desarrollar este proceso de reflexión con el apoyo en lo establecido en lo establecido por los especialistas que han dedicado sus investigaciones al campo de las concepciones esperamos que tanto docentes como estudiantes al recurrir a estas líneas se vean motivados a repensar el papel de las concepciones en el área de las ciencias naturales.

Desarrollo de las Reflexiones

¿Qué son las concepciones? Otros términos.

Cuando escuchamos o leemos sobre concepciones generalmente lo relacionamos con las ideas o concepciones sobre un hecho o fenómeno científico que posee una persona, basadas en sus experiencias cotidianas y su capacidad de observación, lo cual implica o deja de lado aquellas ideas que quedan en la mente del alumno durante su aprendizaje escolar; de hecho se habla de concepciones cuando se estudian las nociones que poseen los alumnos al ingresar a la educación inicial. Quisiera aclarar, que en el caso de este artículo, entenderemos las concepciones como las ideas o concepciones que poseen los alumnos antes y después de su contacto escolar.

Ahora bien, a medida que se han realizado investigaciones en cuanto al conocimiento o las ideas que tienen los alumnos acerca del mundo sociocultural, encontramos una gran diversidad de términos para designar dicho conocimiento. De este modo, estos “conocimientos”, como lo señala Cubero (1994) [5]

(...) han recibido los nombres de: concepciones erróneas (misconceptions) (Helm, 1980), concepciones (preconceptions) (Novak, 1977), ciencia de los niños (children'sscience) (Gilbert, Osborne y Fesham, 1982); nativeframeworks (Driver, 1981; Driver y Easley, 1978), concepciones alternativas (alternativeconceptions) (Driver y Easley, 1978) razonamiento espontáneo

(spontaneous reasoning) (Viennot, 1979), ideas ingenuas (naive ideas), ideas preinstruccionales (pre-instructional ideas) (Novak, 1983), representaciones (représentations) (Giordan, 1978; y en general, en toda la literatura francesa), esquemas conceptuales alternativos (Driver y Easley, 1978), etc.

Hasta ahora no existe un nombre común para etiquetar a estos conocimientos. En el caso de nuestro artículo, hemos decidido utilizar el término de concepciones. Por su puesto que cada uno de estos términos, si recurrimos a su origen, tiene sus propias connotaciones, surgieron y son utilizadas, la mayoría de las veces, respondiendo a la posición del especialista en cuanto a si estas ideas ayudan o entorpecen el proceso de aprendizaje del alumno. Partiendo de esto encontramos algunos autores, entre ellos diSessa, quien sitúa a las concepciones como ideas incorrectas que indirectamente interrumpen o no permiten la construcción de los conceptos científicos en la enseñanza y aprendizaje de las ciencias naturales. Sin embargo, existen otros autores e investigadores (Vosniadou, Brewer, Samarapungavan, Carey, Carretero entre otros), que no usan los términos señalados, por considerar que estas ideas o concepciones si bien son incorrectas desde el punto de vista científico, no lo son desde el punto de vista del alumno ya que éstas simplemente indican la representación que el estudiante tiene del fenómeno en cuestión, en otras palabras sus ideas previas. Conversaremos sobre este último en un siguiente espacio, pero ahora expresaremos algunos datos en cuanto al surgimiento de los estudios y su difusión respecto a las concepciones.

¿Desde cuándo hablamos de concepciones? Algunos estudios

Como lo señala Driver, citado por Carretero (ob. cit) [4]

(...) es a partir de los años setenta cuando la investigación sobre la enseñanza de la ciencia empieza a demostrar un interés creciente en los modelos conceptuales de los alumnos y no sólo en sus procesos de razonamiento sobre contenidos científicos concretos. Sin embargo, es a lo largo de los años ochenta cuando comienzan a proliferar en las revistas y monografías especializadas trabajos sobre las ideas de los alumnos respecto de numerosos conceptos científicos, fundamentalmente, físicos tales como el de fuerza, gravedad, velocidad, aceleración, electricidad, calor y temperatura...; en la actualidad, y aunque en menor grado de los conceptos físicos, se han estudiado también conceptos pertenecientes al campo de la química y la biología.

Así mismo, Carretero (idem)[4] indica que los niveles educativos en los que principalmente se han realizado los estudios en cuestión, corresponden a la enseñanza primaria y a la secundaria (primera, segunda y tercera etapa de Educación Básica), aunque también son numerosos los trabajos con estudiantes universitarios.

Como uno de los trabajos de investigación específicos sobre ideas o concepciones de los alumnos podemos citar el trabajo de Vosniadou y Brewer, reseñado por Carretero (idem)[4]

acerca de los modelos mentales de los alumnos sobre la forma de la tierra y otros aspectos cosmológicos, llevado a cabo con estudiantes de primaria, el cual reflejó

(...) cómo los alumnos pueden mantener representaciones incorrectas desde el punto de vista científico, a partir de las cuales elaboran toda una serie de predicciones coherentes con el modelo que poseen. Así, por ejemplo, algunos de los estudiantes de los grados 3° y 5° (9 y 11 años) participantes en su estudio mantienen un modelo según el cual la tierra es una esfera hueca. Cuando se les pide que dibujen la forma de la tierra, dibujan un círculo (respuesta aparentemente correcta) y explican que la tierra tiene forma esférica u oval. Sin embargo si se les pregunta dónde vive la gente, afirman que lo hacen dentro de la esfera hueca (...)(p.20)

Así mismo, Carretero (idem)[4] hace referencia a trabajos realizados por Driver, 1985; Gabel, Samuel y Hunn, 1987; Pozo y otros, 1991 en los que demuestran cómo muchos estudiantes tienen grandes dificultades para diferenciar el cambio físico del cambio químico, especialmente cuando se trata de los aspectos microscópicos o relacionados con la conservación de la cantidad de sustancia.

Igualmente, podemos encontrar el estudio presentado por Baillo y Carretero (2000)[2] en cuanto al desarrollo del razonamiento y cambio conceptual en la comprensión de la flotación en el que participaron 80 sujetos (20 niños de 10 años estudiantes de 4° grado, 20 adolescentes de 15 años estudiantes de 1° de bachillerato, 20 adultos estudiantes de 5° de psicología, que constituían el grupo de novatos en física y 20 adultos estudiantes de 5° de física, que fueron considerados el grupo de expertos en dicha materia). Las teorías previas de los sujetos fueron clasificadas con base a tres conceptos o explicaciones usadas por los sujetos en estudio: la densidad, el material y peso, que no fueron más que explicaciones que dieron los sujetos basadas en la noción de los tres conceptos mencionados. Baillo indicó que los “... resultados sobre las teorías previas de los alumnos de distintas edades coinciden básicamente con los obtenidos por otros autores (Biddulph y Osborne, 1984; Carretero, 1984; Rowelly Dawson, 1977 a y b; Smith, Carey y Wiser, 1985).”

Podemos citar de la misma manera el trabajo de López, que aparece en Carretero (ob. cit)[4], sobre la explicación teleológica en la enseñanza y aprendizaje de la biología. Este trabajo más que mostrar una relación de las ideas más comunes entre los estudiantes sobre herencia, genética, fotosíntesis, fisiología, entre otras, como su autora lo señala, consideró “...más interesante detectar los obstáculos epistemológicos que ofrece la biología como disciplina para su aprendizajes y las características del conocimiento biológico,...”, en lugar como ya se dijo, “...de un mero listado de las ideas previas que mantienen”. Esta misma autora hace referencia al trabajo de Songer y Mintzes, quienes en esta línea, investigaron sobre cómo los estudiantes conceptualizan la respiración celular. Dichos autores encontraron que “que una de las dificultades conceptuales que presenta la enseñanza de dicho tema es la falta de experiencia de los estudiantes con el pensamiento a nivel celular”

En cuanto a su propio trabajo López (2000)[11] encontró que “Si los estudiantes antes de la instrucción formal poseen concepciones que son principalmente teleológicas, entonces pueden

presentar dificultades para el aprendizaje de los mecanismos fisiológicos”.

Igualmente, López (idem)[11], y Carretero (ob. cit) [4] realizaron una investigación acerca de las teorías intuitivas sobre la gripe, el catarro y el sida y educación para la salud. Los autores hacen referencia de cómo la mayoría de las personas tienen teorías sobre las causas y la mejor cura para determinadas enfermedades. En la investigación participaron 60 sujetos (20 médicos, 20 estudiantes universitarios y 20 sujetos con estudios secundarios).

Los resultados encontrados indicaron que las diferencias entre las teorías de los novatos y médicos eran menores con respecto al sida que al catarro, lo cual podría suceder por el origen de las teorías sobre la enfermedad. La autora nos dice:

(...) mientras más experiencia se tenga con respecto a una enfermedad y ésta sea leve, habrá más diferencias entre el modelo profano y el médico.

En el caso del sida, la experiencia suele ser nula, de tal manera que el origen de los modelos suele ser del dominio médico. Mientras que en el caso de los catarros, fundamentalmente, la construcción de las teorías sobre esta enfermedad es principalmente inductiva, a través de la experiencia.

Apreciamos, entonces, por lo expuesto que los estudios sobre concepciones de la fecha hasta aquí se han ido desarrollando aproximadamente desde hace tres décadas y como muestra de ello les presentamos algunos de esos estudios. Nos gustaría ahora mostrar las dos posiciones que guardan los especialistas en cuanto a si esas concepciones de las que venimos hablando ayudan o, por el contrario, entorpecen la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias naturales.

Dos posiciones: Las concepciones ¿ayudan o entorpecen?

El haber estado frente a varios grupos de alumnos, como ya lo había expresado, pertenecientes a educación media, orientando el aprendizaje de las asignaturas Estudios de la Naturaleza y Biología, me permitió observar las diferentes concepciones que poseían los alumnos en cuanto a determinado concepto científico. Así mismo, mis años de docencia universitaria reiteraron la existencia de discrepancias entre las concepciones de los alumnos en cuanto a los conceptos científicos, lo cual de alguna manera me motivó a querer indagar sobre la naturaleza de dichas concepciones y, más aún, observar e investigar si estas representan oposición o si ayudan al proceso de enseñanza y aprendizaje de las ciencias naturales.

Vemos, igualmente, que en la actualidad son muchos los autores con el mismo interés en investigar en cuanto a la naturaleza de las concepciones. De acuerdo a esto, dichos investigadores asumen diferentes posiciones en cuanto a las mencionadas concepciones. Básicamente, he podido evidenciar que existen dos posiciones en cuanto a la naturaleza de las mismas. Por un lado, encontramos los especialistas que defienden sus ideas sosteniendo que las concepciones son una limitante o conceptos erróneos para el aprendizaje de los conceptos científicos. Por otro lado, están los autores que indican que las concepciones no son limitantes o conceptos erróneos, sino por el contrario representan las ideas previas de los alumnos o los conceptos científicos desde sus perspectivas.

Habiendo realizado estos planteamientos generales veamos, entonces, algunos señalamientos puntuales que defienden las dos posiciones mencionadas y que de cierta manera reflejan varios de los términos utilizados para designar el conocimiento de los alumnos sobre los conocimientos científicos.

Comenzaremos por exponer algunos autores quienes expresan que las concepciones son ideas incorrectas las cuales impiden la construcción correcta de los conceptos científicos, para luego presentar aquellos autores que sostienen una posición opuesta en donde las concepciones son ideas previas utilizadas por el alumno para construir el concepto científico. Dentro de la primera posición, existen autores que sostienen esta idea, aunque con distintos matices, entre otros por diSessa (1988; 1993) [7] [8] quien indica que las ideas de los alumnos constituirían un conocimiento fragmentario, carente de coherencia y consistencia y desde luego, lejano de la sistematicidad que posee una teoría.

Igualmente, diSessa (ob.cit)[7] indica en cuanto al grado de estabilidad y consistencia de dichas concepciones frente al cambio que “lo que cambian son representaciones inconexas y desintegradas (fragmentos que denomina “p-prims”). La adquisición del conocimiento científico implicaría un cambio estructural hacia la sistematicidad y no sólo un cambio de contenido”

Tenemos, así mismo, a Cubero y García, citado por Gil (1994)[10], quienes van más allá de lo señalado por diSessa y no sólo consideran las “explicaciones cotidianas que se desarrollan fuera de los contextos académicos” como conocimiento no científico, sino que hasta

(...) el conocimiento que se elabora en la escuela... aunque tiene como marco de referencia el conocimiento científico, no es un conocimiento científico en sí, sino una elaboración de este conocimiento que se ajusta a las características propias del contexto escolar.

En otras palabras, podría decirse que consideran el conocimiento escolar como conocimientos no científicos.

Abimbola (1998)[1], por su parte, distingue dos categorías de conocimiento que son considerados claramente inferiores al conocimiento científico. Una, la cual corresponde a los conocimientos que se evalúan como erróneos respecto a la ciencia de referencia y que se les llama “concepciones falsas o erróneas” y la segunda categoría de conocimiento corresponde a los conocimientos cotidianos que son trasmítidos de generación en generación y que se les llama “creencias o supersticiones”.

Sin embargo, existen otros investigadores (Vosniadou, Brewer, Samarapungavan, Carey, Carretero, entre otros), pertenecientes a la segunda posición mencionada en párrafos anteriores, en la que las concepciones se definen como ideas previas; en otras palabras, estos autores consideran que estas ideas o concepciones son incorrectas desde el punto de vista científico, pero no desde el punto de vista del alumno por cuanto éstas simplemente indican la representación que el estudiante tiene del fenómeno en cuestión.

En otras palabras, son sus ideas previas a partir de las cuales se pueden construir los conceptos científicamente adecuados. Vosniadou y Brewer, citados por Carretero (ob.cit) [4], consideran que

(...) el conocimiento conceptual de los niños no es fragmentario y desconectado como proponen diSessa y Solomon (1983), sino que los niños son capaces de integrar la información que reciben mediante su experiencia o procedente de los adultos en modelos mentales coherentes que utilizan de manera consistente

Así mismo, Carretero (1996)[3], nos dice

(...) aunque es cierto que estas ideas se contraponen o discrepan de la explicación científica, muchas de ellas no son “ilógicas” y, en ocasiones, están basadas en representaciones alternativas que cumplen una función útil en el procesamiento cotidiano de la información.

Por su parte Ausubel, Novak y Hanesian, citados por Díaz y Hernández (1996)[6] aunque no hablan directamente de las concepciones, dejan ver cierta concepción sobre las mismas al decir que “Durante el aprendizaje significativo el alumno relaciona de manera no arbitraria y sustancial la nueva información con los conocimientos y experiencias previas y familiares que ya poseen en su estructura de conocimientos o cognitiva”.

Es decir, Ausubel y sus compañeros hablan de las concepciones en el sentido de conocimientos previos.

Pozo y Gómez (1998)[13], al referirse a los procesos de construcción del conocimiento científico en contextos escolares desde el conocimiento cotidiano , específicamente al hablar del proceso de reestructuración nos dicen que ésta “...implica construir una nueva forma de organizar el conocimiento en un dominio que resulte incompatible con las estructuras anteriores (...) ese cambio conceptual (...) será necesario cuando la superación de las teorías alternativas en un dominio dado requiera adoptar nuevos supuestos (...)”. Como se observa estos autores al hablar de la construcción del conocimiento científico, exponen la existencia de un conocimiento anterior o cotidiano o más específicamente nos hablan de la existencia de unas teorías alternativas que se corresponden en cierta medida con lo que son las concepciones científicas.

Miras (1995)[12], al referirse al aprendizaje de nuevos contenidos nos dice:

Aprender cualquiera de los contenidos supone,(...) atribuir un sentido y construir los significados implicados en dicho contenido. Ahora bien esta construcción no se lleva a cabo partiendo de cero, ni siquiera en los momentos iniciales de la escolaridad. El alumno construye personalmente un significado (o lo reconstruye desde el punto de vista social) sobre la base de los significados que ha podido construir previamente.

Al igual que Ausubel, esta autora se refiere a las concepciones en el sentido de conocimientos previos.

Igual es bueno aclarar que aquí solo hemos mostrado algunos de los especialistas que se han dedicado a investigar y escribir sobre las concepciones o ideas de los estudiantes, llegando

a exponerlas ya sea como limitantes, o bien, como base para la construcción de concepciones científicas.

Desde una u otra posición, no debemos olvidar que dependiendo la naturaleza o cómo sean asumidas las concepciones por los futuros docentes esto posiblemente influirá en su desenvolvimiento o actuación docente para el momento de orientar la enseñanza.

García (1999)^[9] nos dice:

(...) cuando las concepciones de los alumnos se contemplan como una cuestión exclusivamente de metodología didáctica, (...) termina plasmándose en determinadas fórmulas de aplicación en clase (...) Sin embargo, tomar en consideración las concepciones o ideas de los alumnos puede –debe– tener un enfoque mucho más complejo, que afectaría no sólo al cómo enseñar sino, muy principalmente, al qué enseñar y, por tanto, al conocimiento escolar (...)

Hasta aquí pudimos apreciar inicialmente la posición de aquellos autores que mantienen o ven las concepciones como errores conceptuales y que indirectamente interrumpen la construcción de los nuevos conocimientos y seguidamente dejamos ver lo expuesto por otro grupo de especialistas que defienden la idea de las concepciones como ideas previas que ayudan la construcción del conocimiento científico. Podríamos esperar ahora que esta autora exprese con cual de estas dos posiciones está de acuerdo, veamos entonces lo que pienso.

Papel de las concepciones en la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias naturales.

Como observamos, después de esta somera presentación acerca de las concepciones y la posición de algunos especialistas en cuanto a su papel en la enseñanza y aprendizaje de las ciencias naturales, falta mucho camino por recorrer en cuanto a querer determinar cuál de estas dos posiciones presentadas anteriormente es la más acertada; pero no me toca a mí decirles, por ahora, quiénes tienen la razón. Me gustaría más bien recordar algunas cuestiones fundamentales en nuestra posición como docentes.

Una de estos primeros asuntos que debemos tomar en cuenta es, si bien es cierto, que el constructivismo deja un camino abierto para solventar muchas de las incertidumbres que hasta hace poco teníamos como docentes, no podemos verlo como una doctrina al que trataremos de seguir sin hacernos preguntas propias o surgidas de nuestros contextos escolares. No digo con esto que estoy en contra de los principios surgidos del constructivismo, entre uno de ellos el tener presente las ideas previas de nuestros alumnos, más específicamente, las ideas previas al hablar del aprendizaje significativo establecido por Ausubel. Me refiero a que como docentes debemos replantearnos nuestro rol de mediadores e incluir un rol más, el de investigador; éste nos permitirá seguir y descubrir cuál es la naturaleza de las concepciones de cada grupo de estudiantes que tengamos bajo nuestra orientación. De esta manera, las concepciones y su estudio podrán convertirse en favorecedoras o, por el contrario, en limitantes del proceso enseñanza y aprendizaje de las ciencias naturales en la medida en que las podamos conocer

y descubrir su naturaleza, su origen y las estrategias idóneas para trabajar a partir de estas concepciones.

Un segundo aspecto, igualmente importante, en una relación más directa con la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias naturales es el hecho de desarrollar una enseñanza que se circumscribe a presentar los conocimientos elaborados, escondiendo todo el proceso que conduce a su elaboración, lo cual impide que los alumnos puedan hacer suyas las nuevas ideas, que sólo tienen sentido en la medida en que el trato con determinados problemas requiere su construcción.

Según lo expuesto, no sería, la presencia de concepciones en sí lo que explicaría los oscuros resultados obtenidos en el aprendizaje de conceptos, sino la propia enseñanza del profesorado.

De este modo, deberíamos detenernos un momento a pensar en la posible inadecuación de esa enseñanza para facilitar la construcción de los conocimientos científicos. Nos referimos aquí a la enseñanza tradicional; es decir, aquella en la que se ignora aquello que los alumnos ya conocen, la creencia de que basta transmitir los conocimientos científicos de forma clara y ordenada para que los alumnos los comprendan. Es por esto que hasta ahora mucho de los estudios realizados sobre concepciones han arrojado en sus resultados que los “errores conceptuales” son un claro índice de que las estrategias de enseñanza no tenían en cuenta las concepciones iniciales de los alumnos.

Conclusiones

Tal como lo vimos, nuestro papel aquí fue exponer algunos aspectos importantes en cuanto a lo que son las concepciones, entendidas estas como los conocimientos que logra construir el estudiante a partir de lo perceptual, lo social o lo escolar. Del mismo modo, algunos otros términos con las que se conocen dichas concepciones como son los errores conceptuales, ideas previas, preconcepciones, entre otros. Por otra parte, fue fundamental mostrar que el estudio de éstas surgió fundamentalmente por la necesidad de conocer las diversas interpretaciones que los estudiantes le dan a un mismo concepto y/o fenómeno y más allá de esto poder explicar cuál puede ser origen de las mismas y la influencia de éstas en el aprendizaje de los alumnos; todo lo cual dio paso a diversos estudios desde la época de los 70 que se centraban en temas sobre la física y luego expandiéndose hacia diversos campos de las ciencias naturales.

Fue igualmente importante poder esbozar las dos posiciones que mantienen algunos autores en cuanto a las concepciones, unos que las muestran como ideas previas que apoyan o de las que se debe partir para propiciar la construcción de los conocimientos científicos y aquellos que definitivamente las consideran un obstáculo o un error que llega a interrumpir la generación del conocimiento adecuado o cercano al científico en los estudiantes.

Finalmente, pudimos hacer algunas sugerencias en cuanto a la posición respecto a las concepciones que debemos asumir cada uno de nosotros como docentes en el ámbito de las ciencias naturales; enfatizando una vez más que no es la presencia de concepciones en sí lo que explicaría los oscuros resultados obtenidos en el aprendizaje de conceptos, sino la propia enseñanza del profesorado; en otras palabras, es la actitud que cada uno de nosotros asumida

respecto a nuestro papel de mediadores y no de transmisores de información. Por esto, no pretendemos en ningún momento solucionar el problema concerniente a qué hacer con las concepciones, pero al menos esperamos contribuir un poco más con aquellas personas que tienen presente el papel de éstas en el proceso de enseñanza y aprendizaje; pero reiteramos nuevamente, las concepciones son solo un elemento a tomar en cuenta en el mencionado proceso, más en ningún momento serán el único o el que solventará las diversas dificultades con las que no podemos encontrar en este delicado camino de la docencia.

Bibliografía

- [1] Abimbola, I. (1998). The problem of terminology in the study of student conceptions in science. *Science Education*. 72(2), pp. 175-184.
- [2] Baillo, M. y Carretero, M. (2000). Desarrollo del razonamiento y cambio conceptual en la comprensión de la flotación. *Construir y Enseñar ciencias. Las ciencias experimentales*. pp. 77-106.
- [3] Carretero, M. (1996). Introducción a la psicología cognitiva. Buenos Aires. Aique.
- [4] Carretero, M. (2000) *Construir y Enseñar ciencias. Las ciencias experimentales*. Aique, Buenos Aires.
- [5] Cubero, R. (1994) Concepciones alternativas, preconceptos, errores conceptuales... ¿distinta terminología y un mismo significado?. *Investigación en la escuela*. (23), pp. 33-42, Caracas.
- [6] Díaz, F. y Hernández, G. (1996). Estrategias docentes para un aprendizaje significativo. . Mexico. McGRAW-HILL.
- [7] diSessa, A. (1988) Knowledge in pieces. In G. Forman & P.B. Pufall (Eds). *Constructivism in the computer age*. Hillsdale, NJ: LEA.
- [8] diSessa, A. (1993) Towards an epistemology of physics. *Cognition and Instruction*. 10(2-3), pp. 105-225.
- [9] García, F. (1999): El papel de las concepciones de los alumnos en la Didáctica de las Ciencias Sociales. Hacia un enfoque integrador. *Investigación en la escuela*. (39), pp. 7-16.
- [10] Gil, P. (1994) Relaciones entre conocimiento escolar y conocimiento científico. *Investigación en la escuela*. (23), pp. 17-32.
- [11] López, A. (2000). La explicación teleológica en la enseñanza y aprendizaje de la biología. *Construir y enseñar. Las ciencias experimentales*. Buenos Aires. Aique.
- [12] Miras, M. (1995) Un punto de partida para el aprendizaje de nuevos contenidos: Los conocimientos previos. *El constructivismo en el aula*. Barcelona. Graó.

[13] Pozo, J. y Gómez, M. (1998): Aprender y enseñar ciencia. Madrid. Morata.

Reseñas



Hacia una geopolítica del conocimiento: El “otro” despojado del conocimiento

Dr. Alejandro Elías Ochoa Arias

Profesor adscrito a la Escuela de Ingeniería Industrial

Universidad Austral de Chile, sede Puerto Montt

Llanquihue, Chile.

Profesor Jubilado Universidad de Los Andes

Mérida, Venezuela.

Miembro Consejo Técnico Revista Conocimiento Libre y Licenciamiento CLIC

Centro Nacional de Desarrollo e Investigación en Tecnologías Libres CENDITEL

Mérida, Venezuela.

dioseses@gmail.com, aochoa@cenditel.gob.ve

Fecha de recepción: 02/05/2017

Fecha de aceptación: 04/05/2017

Pág: 153 – 156

Resumen

Cuando en 1992 se invitó al mundo entero a celebrar los quinientos años del “descubrimiento de América”, se dieron pasos que abrieron de nuevo un debate que sigue estando en la periferia del discurso hegemónico académico. El debate podría ser titulado con el mismo nombre con el cual se bautizaron aquellas celebraciones: El encuentro de dos mundos. Dussel, filósofo argentino-mexicano aprovechó la coyuntura para postular una aproximación histórico ontológica de la constitución del sujeto latinoamericano desde la otra orilla del Atlántico.

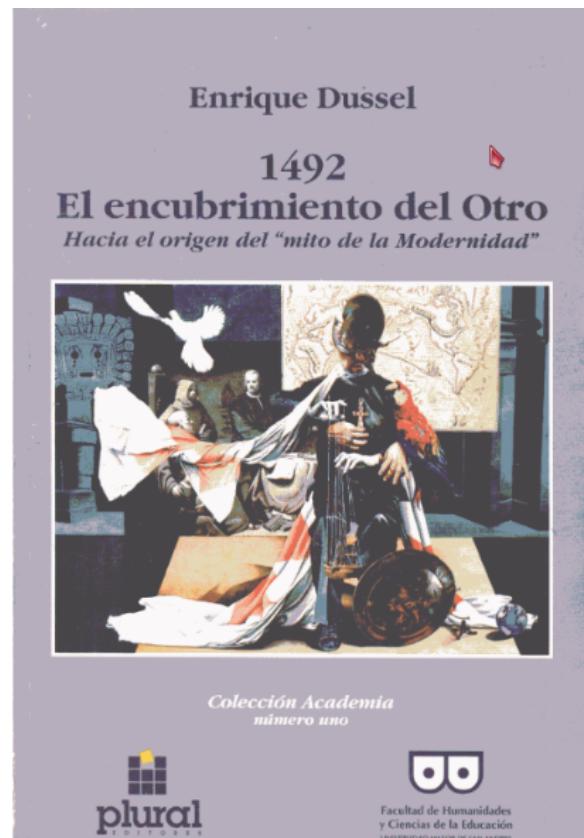
En una sucesión de conferencias dictadas en Alemania para la ocasión de los 500 años del arribo de Colón a costas americanas, Dussel despliega sus argumentos para mostrar básicamente dos tiempos de la historia de América. Una estrategia que le va a permitir desmontar el tiempo histórico del descubrimiento y el tiempo histórico que le permitirá revelar el “otro” que existía previo a la llegada de los españoles. La importancia de esta estrategia va más allá de un plano expositivo. En realidad, permite construir una plataforma para ubicar el discurso de la modernidad en clave de América Latina y la posibilidad de procesos emancipatorios que serían, en este caso, transmodernos. A continuación, detallamos una síntesis apretada de cada una de las trayectorias planteadas por Dussel (1994)[1].

La Historia de América contada desde Europa

A partir de un desmontaje de la historia oficial del descubrimiento de América, el autor se empeña en mostrar el modo como se presentó existencialmente América a los primeros visitantes europeos. En realidad, esa aproximación existencial permite dar cuenta del continente como algo ya conocido que paulatinamente se va convirtiendo en un invento ante la condición de tierra incógnita que va revelando que no están donde creían estar. Posterior a la invención, se suceden la conquista y colonización que implican, en el caso de América, un proceso de satanización del mundo de vida originario y la imposición de una cultura sobre otra. Se instaura así un relato universal sin considerar los relatos de los otros pueblos. Al así hacerlo, el autor entonces nos confronta con la condición de una historia de América que no cuenta a América sino que revela a Europa. Esto le permite al autor formular una tesis, quizás la más fuerte por sus implicaciones a la historia del pensamiento europeo. Esta tesis es que la modernidad comenzó en América porque es allí donde ocurre la imposición de una narrativa sobre otra cultura con pretensiones de universalidad.

Sin embargo, el asunto no es tan simple como la aparición de la meta narrativa del progreso. En realidad, se hace más complejo porque en el proceso de colonización de la vida cotidiana de los ahora objetos de conquista, se da un interesante y sostenido proceso de argumentación que queda registrado en los documentos que la propia España conquistadora registra. Ese proceso de argumentación, al decir del autor, comporta entonces un proceso de racionalidad, que va a tener como contrapartida los esfuerzos de personas como Bartolomé de las Casas que no solo protege a los conquistados sino que además, inaugura un proceso de debate racional que estaría siendo el precursor de una Ilustración radical a más de dos siglos de su aparición como discurso hegemónico en Europa. Puestas así las cosas, la modernidad comenzó en los debates que se dieron entre América y Abya Yala.

La construcción de la historia de América desde esta mirada aportaría elementos que no solo se refieren a la imprecisión de la idea de descubrimiento sino al proceso de ocultamiento de lo que fue el presentarse del “otro” que lo define la humanidad originaria de nuestro continente. Este proceso que justifica el subtítulo de estas conferencias editadas como libro, es lo que ocupará la segunda parte de la estructura argumental del autor.



El “otro” que no hemos visto. La invisibilización de Abya Yala

El autor al mostrar el carácter sesgado de la historia del encuentro con el continente americano por parte de los españoles, se encuentra entonces en la necesidad de mostrar la existencia de una “humanidad” con conciencia histórica que permitiera salir al paso a la aseveración hegeliana sobre la ausencia de la historia en el continente americano. Para ello, lo esencial es mostrar no solo la existencia de los pueblos sino algo más complejo e intangible: el pensamiento y el conocimiento como valores de esas comunidades pre-coloniales. La tarea entonces es mostrar no solo la no centralidad de Europa en dar cuenta de la historia del pensamiento sino además, la aparente presencia del pensamiento en Abya Yala o cualquiera de los nombres con los cuales se nombra la tierra que acogía aquella humanidad. La humanidad mediada por la palabra y el conocimiento supondría la existencia de las condiciones de posibilidad de una historia. La existencia de la historia antes de la conquista entonces mostraría que la historia universal centrada en Europa sería tan solo una historia entre otras posibles.

La demostración de esa historia se hace apelando no solo a la existencia de la palabra como lenguaje instrumental para acordar acciones entre los seres humanos de nuestra tierra. Fundamental era la existencia de escuelas y cultores de la palabra que es precisamente lo que Dussel muestra para señalar una razón que podríamos llamar la “razón primera en Abya Yala”. De este modo, estaba tendido el escenario para plantarse la noción de transmodernidad como el espacio de diálogo que debió darse y que aún sigue siendo una deuda histórica con la ontología que habitaba el continente antes de la primera llegada de los españoles. Ese “otro” que es un otro como aquel que llegaba, es el que se invisibiliza y se le somete hasta el escarnio de la marginación de su propia cosmogonía y humanidad. Dussel llega incluso, a mostrar como la rendición de Moctezuma a Cortés no es por el dominio de las armas sino por la sujeción a su razón. De este modo, la invisibilidad del otro que habitaba Abya Yala es la segunda razón que habitará en este continente.

Geopolítica del conocimiento. Una lectura fundante

El planteamiento de Dussel constituye así un esfuerzo conceptual, histórico y filosófico por tratar de fundar el tema del conocimiento desde una matriz cultural que sea no solo distinta sino esencialmente dialogante con la matriz del conocimiento de las ciencias europeas. En un modo que está explícitamente fundado en una mirada heideggeriana sobre el ser en el mundo, Dussel se aproxima a plantearnos no solo un recurso histórico que permita un nuevo diálogo sobre el conocimiento sino además, y quizás eso sea lo más importante, nos permite mostrar desde una perspectiva no europea, la condición del conocimiento como una condición que es esencialmente humana y que en consecuencia, no parece tener demasiado sentido plantearse la preeminencia de la ciencia de origen europeo como la única posible. Precisamente, sobre esta contribución sobre el conocimiento como fundante de la humanidad, bien pudiera plantearse que el primer paso para hablar de una geopolítica del conocimiento lo constituya mostrar el carácter contingente y dependiente de la propia cultura que se encarna en la Europa que descubriendonos, nos ocultó lo más fundamental de la humanidad en Abya Yala. Una lectura necesaria y que ojalá nos permita

más que respondernos preguntas, formularnos las nuevas interrogantes para enriquecer el diálogo sobre las distintas epistemologías que parecen aún estar presentes en medio del dominio de los discursos tecnológicos de inspiración europea. Si hay algo de pertinente en el conocimiento de América Latina es saber que antes del descubrimiento, ya había una construcción humana del ser en el mundo americano.

Bibliografía

- [1] Dussel, E. (1994.) *1492 El encubrimiento del Otro Hacia el origen del "mito de la Modernidad"*. Conferencias de Frankfurt, octubre 1992. Plural editores. Colección Academia. Facultad de Umanidades y Ciencias de la Educación. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz. Recuperado de <http://bibliotecavirtual.clacso.org.ar/clacso/otros/20111218114130/1942.pdf>

Boletín



Realizado Festival Latinoamericano de Instalación de Software Libre en Mérida

El Festival Latinoamericano de Instalación de Software Libre (FLISoL) es un evento que se ha venido realizando desde el año 2005 con el propósito de difundir el Software Libre en Latinoamérica.

Este 2017 FLISoL tuvo como una de sus sedes a la ciudad de Mérida el día 22 de abril. Fue organizado por el Centro Nacional de Desarrollo e Investigación en Tecnologías Libres (CENDITEL), la Unidad Territorial del Ministerio del Poder Popular para Educación Universitaria, Ciencia y Tecnología del Estado Mérida (Fundacite-Mérida) y el Frente Bolivariano de Innovadores, Investigadores y Trabajadores de la Ciencia (FREBIN), capítulo Mérida.



Prensa CENDITEL

Asistentes al evento

El evento se inició con palabras de apertura por parte Danmarys Hernández, presidenta de la Unidad Territorial Fundacite Mérida y de José J. Contreras, presidente de CENDITEL. Contreras enfatizó la importancia de reunir a todas las personas vinculadas al Software Libre, particularmente en Mérida y darle un impulso al evento que reúne a comunidades de desarrollo, activistas e instituciones que se dedican al desarrollo del software libre. También intervino Leonel Hernández, trabajador de CENDITEL y militante del FREBIN, quien resaltó la importancia histórica de la lucha por la libertad del conocimiento, en contraposición a los poderes fácticos que luchan por evitar el

libre acceso al conocimiento de quienes han estado históricamente condenados a servirles.

La primera charla estuvo a cargo de Luz Mairet Chourio e Yngris Ibarguen, trabajadoras de CENDITEL y tuvo como tema el proyecto CUMACO, Aplicaciones Para Televisión Digital Abierta Interactiva en Venezuela. Posteriormente, Leonel Hernández, trabajador de CENDITEL presentó el Sistema Automatizado para Fondos Públicos (SAFO).

A continuación Eveli Ramírez, integrante de la Cooperativa Vultur R.L. participó con la charla LVM y BTRFS (gestor de volumen lógico y sistema de archivos copy on write) como tendencias del desarrollo de los gestores de volúmenes lógicos bajo sistema operativo Linux.

También participó, la Ing. Bethzaida Africano, trabajadora de la Unidad Territorial Fundacite Mérida, quién habló del Centro de Validación Electrónica recientemente creado en esta institución. El Centro de Validación Electrónica es el sitio físico, donde se realizan las funciones de validación de identidad del signatario y soporte técnico para el uso de los certificados electrónicos.

A continuación, Antonio Araujo, trabajador de CENDITEL, presentó el Proyecto Terepaima, visor PDF que permite verificar los documentos que han sido firmados electrónicamente.

Javier Rivera, responsable de la Academia de Software Libre de la Unidad Territorial Fundacite Mérida compartió en este evento la experiencia en el uso de la plataforma educativa Chamilo en el programa FORTALENTO de la Unidad Territorial Fundacite Mérida.

Finalmente, Francisco Palm, como activista de software libre, tocó el tema de Software Carpentry, orientado a la construcción de destrezas en computación para todos, el cual se basa en la construcción de destrezas en computación para personas de todas las áreas, de manera colectiva y colaborativa.

De forma paralela al desarrollo de los charlas, distintas comunidades de software libre realizaron la instalación de software en Canaimitas, Laptops y PC de Escritorio que llevaron las personas que asistieron al evento. En esta ocasión, se instalaron las distribuciones Canaima, Ubuntu y Debian.

Javier Rivera, encargado de la Academia de Software Libre de la Unidad Territorial Fundacite Mérida, comentaba en ese momento que “hacía falta retomar en Mérida actividades de promoción de software libre, pues hace dos años no se realizaba el FLISoL en la ciudad de Mérida”, también recalcó la importancia de la gran concurrencia al evento y la necesidad de continuar realizándolo.

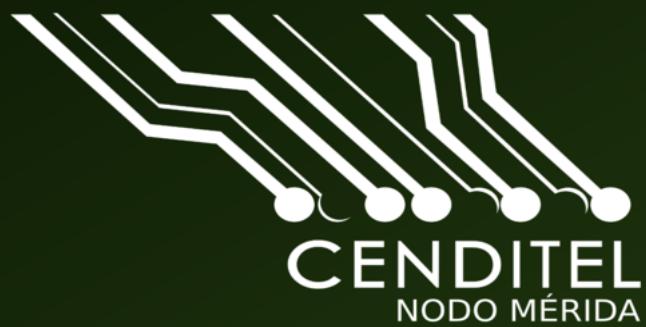
Asimismo, Bethzaida Africano, trabajadora la Unidad Territorial Fundacite Mérida enfatizó la trascendencia de que Mérida cuente con un Centro de Validación y Certificación Electrónica, pues este espacio genera confianza en la gestión tecnológica en nuestro país.

En este actividad de socialización y promoción del Software Libre se contó con la participación de 92 personas. Y al finalizar el evento quedó el compromiso de seguir construyendo estrategia de socialización del software libre y de concretar buenas prácticas de desarrollo a través de la conformación de comunidades de desarrollo como estrategia para impulsar el ejercicio de la soberanía nacional y alcanzar la independencia tecnológica.

Fuente: Prensa CENDITEL



Instalación de Software Libre en el evento



CONOCIMIENTO
LIBRE Y LICENCIAMIENTO