



LA UNIVERSIDAD QUE SIEMBRA

REVISTA DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

ISSN: 1690-8066

Volumen 6 Enero-Diciembre 2009



AGROLLANIA

UNIVERSIDAD NACIONAL EXPERIMENTAL DE LOS LLANOS OCCIDENTALES
EZEQUIEL ZAMORA

SAN CARLOS-COJEDES-VENEZUELA

**CARACTERIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE FRIJOL (*Vigna sp.*)
EN LOS MUNICIPIOS TURÉN Y SANTA ROSALÍA
DEL ESTADO PORTUGUESA (2000-2005)**

**CHARACTERIZATION OF THE BEAN (*VIGNA SP.*) PRODUCTION IN TURÉN
AND SANTA ROSALÍA MUNICIPALITIES OF PORTUGUESA STATE (2000-2005)**

Recibido: 10-10-2008 / Aceptado: 28-03-2009

Andrew Torres

Ing. Agroindustrial. MSc. en Gerencia de Empresas. MSc. en Administración. Profesor Agregado adscrito al Programa Ciencias del Agro y del Mar. UNELLEZ-San Carlos, estado Cojedes, Venezuela. E-mail: *andrewtorresm@hotmail.com*

RESUMEN

En esta investigación se caracteriza la producción de frijol (*Vigna sp.*) en los Municipios Turén y Santa Rosalía del estado Portuguesa. Se aplicó una encuesta a los productores de la Unidad de Estudio, luego se determinaron diversas estadísticas descriptivas. Se aplicó un Análisis Factorial de Componentes Principales (AFCP) a fin de identificar variables subyacentes. Entre los resultados destacan: 1) los productores consideran importante la integración empresarial, sugiriendo que existe una gran oportunidad en este sentido; 2) los productores están dispuestos a recibir adiestramiento; 3) las familias de los productores consideran que el Frijol puede ser mejor aprovechado; 4) hay una actitud positiva hacia la innovación, lo que posibilita elevar el valor agregado del producto, 5) existen carencias importantes en lo referente a servicios públicos: agua potable (73%), electricidad (69%), aguas negras (92%) y disconformidad por el mal estado de las vías agrícolas; 6) los productores en su mayoría consideran deficiente la asistencia técnica, financiera y el manejo de la información de mercado; 7) el AFCP indica que los factores: tierra, gestión de competencia, condiciones productivas y la mejora en asistencia técnica pueden elevar la competitiva.

Palabras clave: *Agricultura de Portuguesa, desarrollo rural, frijol, factores de apoyo competitivo e integración empresarial.*

SUMMARY

In this research the production of Bean (*Vigna sp.*) is characterized in the Municipalities Turén and Santa Rosalía of the Portuguese State. An interview was applied to the farmers of the Unit of Study, and were determined diverse statistical descriptive. A Factorial Analysis of Components Principals (AFCP) was also applied in order to identify hidden variables. Among the results more important: 1) the farmers consider important the managerial integration, suggesting that a great opportunity exists in this sense; 2) the producers are willing to receive training; 3) the farmers are willing to receive training; 4) the families of the farmers consider that the Bean can be better; 5) there is a positive attitude toward the innovation, what facilitates to elevate the added value of the product; 6) important lacks exist regarding service publics: water (73%), electricity (69%), waste water (92%) and unconformity for the roads-agricultural; 7) the farmers in their majority consider assistance technical, financial and the handling of the market information is faulty; 8) the AFCP indicates that the factors: earth, management of competition, productive conditions and the improvement in technical assistance can rise the competitiveness.

Key words: *Agricultural, Portuguesa State, rural development, bean, competitiveness, business clusters.*

INTRODUCCION

Venezuela actualmente presenta serios problemas de seguridad alimentaria, entendida esta como la disponibilidad de alimento nutritivo, en cantidad aceptable, inocua y en todo momento para que las personas lleven una vida sana y productiva (FAO, 2008). El déficit en materia agroalimentaria se evidencia por el aumento continuo en las importaciones agroalimentarias; el volumen importada en el año 2007 superó en un 20% la del año 2006 y a su vez, superó en un 50% la del año 2005 (Alayón, 2008). En este sentido, Tovar (2008) refiere que la cobertura del consumo con producción nacional cayó en 2007 hasta un 58% del total del mercado. Para el 2006, esta cobertura ascendió hasta 70%, lo que significa una reducción del 17% en este indicador.

El frijol presentó en los últimos diez años una tasa negativa de crecimiento de -4.82%. Visto de esta manera, parece desalentador el comportamiento de la producción nacional de frijol. En principio, destaca el hecho de que el valor final de la misma para el año 2006 (8.343 toneladas) resulta muy inferior a todos los anteriores y de hecho es el más bajo en la cronología. Durante el periodo 1992-1999 se presenta una relativa estabilidad con una baja solo en el año 1994; luego, en el trienio 2000-2003 se inició con una fuerte caída, seguida de un crecimiento sostenido y finalmente un notable crecimiento seguido de una caída hacia el 2006. Este comportamiento irregular, sugieren problemas en el circuito del frijol que deben ser corregidos para preservar continuidad y sostenibilidad del negocio.

Una de las acciones de política pública más tradicionales y recomendadas en este contexto es el estímulo a la siembra, producción y consumo de los rubros típicos nacionales, entre los que se encuentra el frijol (*Vigna sp.*). Con miras a generar información relevante que permita la toma de decisiones por parte

de los organismos vinculados al sector frijol, se realizó esta investigación, en la cual se caracteriza la producción de frijol en los municipios Turén y Santa Rosalía del estado Portuguesa durante el periodo 2000-2005. Los resultados servirán de base para el dimensionamiento del negocio en dichos municipios, y se conviertan en insumo de la Red de Innovación Productiva del Frijol del Estado Portuguesa. La información obtenida puede contribuir a este subsector, y coadyuva en la búsqueda de soluciones a la problemática de comercialización y la errática intermediación comercial que se presenta (Gélvez, 2005).

METODOLOGÍA

A continuación se detalla las fases seguidas en esta investigación:

Fase 1. Caracterización de los productores de frijol de los Municipios Turén y Santa Rosalía.

Se aplicó una encuesta a todos los productores de frijol de los municipios Turén y Santa Rosalía del estado Portuguesa para recabar información cuantitativa y cualitativa, en cuanto a: número de productores, distribución por sexo, distribución por edad, ubicación geográfica, productos explotados, situación de los predios y área cultivada con el rubro frijol.

Fase 2. Caracterización socioeconómica de los productores de frijol de los Municipios Turén y Santa Rosalía del estado Portuguesa.

Se aplicó una encuesta a todos los productores de frijol de los municipios Turén y Santa Rosalía del estado Portuguesa, para recabar información básica, en cuanto a: ingreso neto, ingreso derivado de la explotación del frijol, estructura familiar, nivel de instrucción, servicios: agua, electricidad, cloacas y vialidad.

Fase 3. Identificación de los factores subyacentes para mejora de la competitividad.

Las variables: número de hectáreas dedicadas a la producción de frijol, grado de instrucción del productor, tipo de propiedad del predio agrícola, total de hectáreas explotables en la unidad de producción con el rubro frijol, uso de mano de obra familiar, manejo de registros contables para la gestión de la producción, número de empleados que lleva en la producción, tipo de frijol cultivado, asistencia técnica, asistencia financiera mediante

crédito agrícola, aplicación de análisis de suelos para esta actividad, procedencia de la semilla, tipología de los mercados geográficos adonde coloca su producción y existencia de problemas de colocación de frijol en el mercado, fueron evaluadas en su grado de correlación, luego las mejores fueron sometidas a un Análisis Factorial de Componentes Principales (AFCP) para identificar los factores subyacentes que pudiesen apalancar la competitividad empresarial en el agronegocio del frijol en esta sub-región del estado Portuguesa. El AFCP se realizó empleando el software Minitab.

Fase 4. Redacción del informe final de investigación.

Una vez procesada toda la información y alcanzado los objetivos específicos planteados, se redactó el informe final del estudio.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracterización de los productores de frijol de los Municipios Turén y Santa Rosalía del estado Portuguesa.

Cerca de un 85% de los predios dedicados a la producción de frijol en los municipios Turén y Santa Rosalía tienen una superficie de siembra menor a 80 hectáreas. Un 9.4% de las parcelas sembradas están contenidas entre 80 y 120 Ha.; 3.8% oscilan entre 120 y 200 Ha., mientras que, mayores a 200 Ha. solo se consiguen un 1.9 % (Figura 1). Estos resultados concuerdan con los hallazgos de Gélvez (2005), y denota el dominio de siembras pequeñas y la necesidad de organización empresarial en los productores para garantizar la sostenibilidad del cultivo, mediante el aprovechamiento de economías de escala propias de la integración vertical y horizontal.

La mayor parte de los productores son alfabetos (94%), discriminándose como sigue: Nivel de Primaria con 65%, Nivel Secundario un 24% y en Nivel Universitario otro 5% (Figura 2). Estos resultados sugieren la existencia de un gran potencial de crecimiento organizacional y competitivo a través del aprendizaje, disposición al cambio tecnológico, asimilación y puesta en práctica vía actividades formales de extensión e investigación, asistencia técnica y mejoramiento profesional.

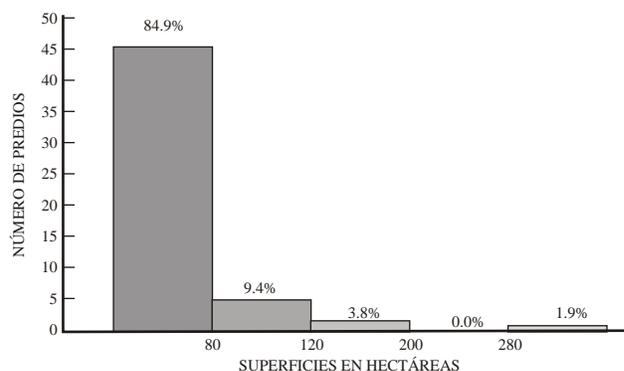


Figura 1. Histograma de superficie total en predios destinados a frijol en Sta Rosalía y Turén.

El núcleo familiar de los productores de frijol de los municipios Turén y Santa Rosalía, está conformado desde 1 hasta 13 personas con un ligero sesgo hacia la conformación de pequeños grupos familiares. Un 38.9% de las familias están conformadas entre 4 y 6 personas; siendo esta categoría la clase dominante. En cuanto al tipo de tenencia del predio que se destina a la producción de frijol, predominan los propietarios individuales con un 50%, en segundo lugar con 35.2% las propiedades familiares; 5.6 % los asignados por el Instituto Nacional de Tierras (INTI); en terrenos municipales un 1.9% de los productores; bajo arrendamiento cerca del 1.9% y bajo otras formas de tenencia se agrupan un 5.6%. La figura propietario-asignatario aparece en cerca del 90.8 %.

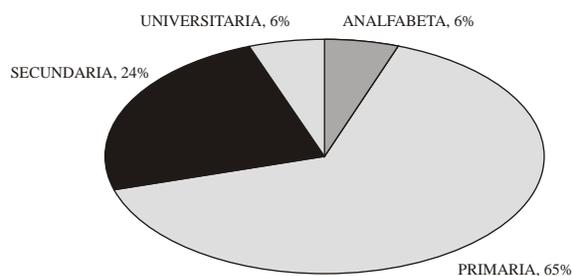


Figura 2. Distribución % de productores en Sta Rosalía y Turén en base al nivel educativo.

Cerca del 79.6% de los productores encuestados se dedican regularmente a la explotación de frijol. Un 79.1% de los productores son de la parroquia Santa Rosalía, de los cuales 44.2% pertenecen a la parroquia El Playón y 34.9% a la parroquia Nueva

Florida. El 21% de de los productores de frijol se localizan en el municipio Turén (Cuadro 3).

Cuadro 3. Distribución de productores de frijol en función de municipio y parroquia del predio

Parroquia	Municipio		Totales
	Turén	S. Rosalía	
El Playón	0	19	19
Nueva Florida	0	15	15
San Isidro	3	0	3
Villa Bruzual	4	0	4
Santa Cruz	1	0	1
La Colonia	1	0	1
Totales	9	34	43

Alrededor del 89% de las unidades de producción estudiadas usan mano de obra familiar. Respecto a indicadores vinculados a la calidad de vida se encontró que 73%, 69% y 92% de los productores señalan deficiencias en los servicios de agua potable, electricidad y disposición de aguas negras, respectivamente. Por otro lado, un 5.4 % manifestó inconformidad con la vialidad agrícola del medio rural que cohabitan. En función de lo anterior, se infiere un gran potencial de incidencia de enfermedades infecto-contagiosas debido a la escasez de agua potable y la inadecuada disposición de las aguas servidas.

Un 61.1% de los productores de frijol pertenecen a una asociación de productores agrícolas, cooperativa agrícola o ANCA (Figura 3). Del 61.1% de los asociados, 18.5% pertenece a una cooperativa agrícola. La percepción de los encuestados hacia el cooperativismo agrícola es altamente favorable (90%), sin embargo, en su mayoría desconocen la fundamentación de las cooperativas. Cabe señalar, que cerca de la tercera parte de las unidades de producción contratan menos de 10 personas para las actividades inherentes a la explotación del frijol.

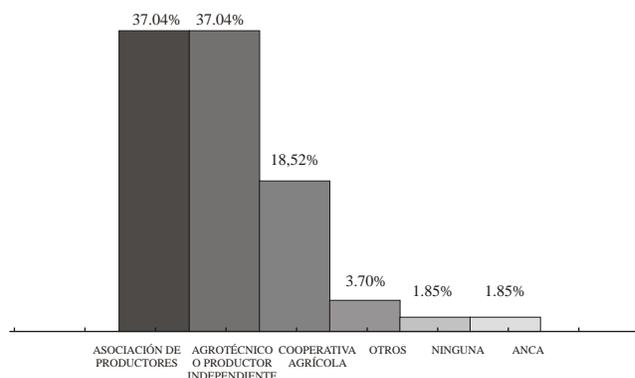


Figura 3. Distribución porcentual de productores de frijol por tipo de organización empresarial

En cuanto a la variedad de frijol cultivada y comercializada destacan en importancia: Bayo (69.2%), Pico Negro (23.1%) y Chino y Cuarentón, quienes cubren cerca del 8%. En lo referente al grado de satisfacción: 94.3% de los productores está satisfecho a muy satisfechos con la producción de frijol. En cuanto a pérdidas postcosecha, las estimaciones sugieren que se encuentran por debajo de 5%; lo cual está por debajo de lo observado en este rubro.

Alrededor del 59.2% de los productores no reciben asistencia técnica, lo que posiblemente influya en los costos de producción, rendimientos agrícolas, capacidad de negociación y comercialización de la producción. Las entidades que lideran la asistencia técnica del rubro, son la Asociación de Productores Rurales y Agrícolas de Turén (Asopruat), el gubernamental Fondafa y la empresa agrícola Feryan. Por otro lado, un 44.4% de los productores no recibe apoyo financiero; los principales entes crediticios son: Fondafa, Atavenca, Asopruat y Feryan. Resalta el hecho de ninguno de los productores hacen análisis de suelos, previo a las labores de siembra del rubro frijol. Más aun, un 76% admitió que la semilla empleada en la siembra procedía de cultivares propios básicamente de cosechas anteriores; probablemente esta situación incida sobre el rendimiento por hectárea cosechada. Los productores priorizan sus necesidades como sigue: Comercialización (71.1%), Siembra (21.1%), y cerca del 2.6% en labores de cosecha, investigación y la fase de producción y

comercialización. Estos resultados revelan la necesidad de mejorar la comercialización del producto agrícola.

En cuanto al destino de la producción de frijol, un 52% de los productores colocan su producto en el mercado nacional, 24% lo expende en mercados regionales principalmente en Barquisimeto y Acarigua, 12% en mercado local, 4% se destina a la exportación, y 8% indican señalan otros destinos diferentes a los mencionados. En opinión de los productores (76%), existen serios problemas para la colocación de su producto en los diferentes mercados, fundamentalmente a causa del aprovechamiento irracional y desleal de algunos empresarios comercializadores, y la caída en años recientes del mercado de exportación hacia Colombia por razones de litigios político-comerciales.

Factores subyacentes de la producción de frijol para mejora de la competitividad.

Las variables mejor correlacionadas con la competitividad son: número de hectáreas dedicadas a la producción, el tipo de propiedad, el tipo de mano de obra, el total de hectáreas explotables, el manejo de registros contables, el número de empleados para la producción de frijol, el nivel de asistencia técnica recibida, la asistencia financiera y la dicotomía de análisis de suelo en el predio para producir frijol. El AFPCP revela la existencia de 4 factores que explican un 81.7% de la variabilidad original. El primer factor se denominó *Factor Tierra* pues se relaciona alta y positivamente con el número de hectáreas y el total de hectáreas explotadas, y negativamente con la disposición de análisis de suelos. El segundo factor se denominó *Gestión de Competencia*; está relacionado positivamente con el manejo de registros contables y con el tipo de propiedad, y relacionado negativamente con el número de empleados. El tercer factor se denomina *Condicionantes Productivas*, resultó significativamente relacionado con el tipo de propiedad y negativo con el tipo de mano de obra utilizada. El cuarto factor se denomina, se denomina PC4, y se relaciona positivamente con el nivel de asistencia técnica y en negativamente con el tipo de propiedad.

CONCLUSIONES

1. Las unidades de producción de frijol en los Municipios Santa Rosalía y Turén del estado Portuguesa cubren pequeñas superficies; evidenciando la apremiante necesidad de promover la organización empresarial con miras a mejorar este sector. Esta integración puede ser fácilmente implementada pues gran parte de los productores son alfabetos, suelen agrupar familias medianamente numerosas en predios que son propios en su mayoría, y las pérdidas postcosecha se encuentran por debajo del promedio reportado para este rubro.
2. Las principales limitaciones para el desarrollo del sector frijol en los Municipios Santa Rosalía y Turén del estado Portuguesa son las deficiencias en servicios de agua potable, electricidad y disposición de aguas negras, así como el deterioro de la vialidad agrícola. También destaca el bajo nivel de asistencia técnica y financiera lo que repercute negativamente en la comercialización del producto.
3. La competitividad del frijol en los Municipios Santa Rosalía y Turén del estado Portuguesa está determinada por tres factores subyacentes: la disponibilidad de tierra de buena calidad y

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alayón, A. 15 de Marzo 2008. *Propuestas para la expansión de la producción industrial de alimentos*. [on line]. www.cavidea.org
- FAO. 20 de Marzo 2008. *Lineamientos para el apoyo a la Agroindustria rural por parte de la Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe*. [on line]. <http://www.rlc.fao.org/prior/segalim/>
- Fedeagro. 15 de Junio 2007. *Estadísticas Agropecuarias*. [on line]. <http://www.fedeagro.org/producción/rubros.asp>
- Gelvez, J. 2005. *Proyecto de Creación de la Red de*

Innovación Productiva del Frijol de los Municipios Turén y Santa Rosalía del estado Portuguesa. Guanare: Fonacit-Portuguesa.

Ministerio del Poder Popular para la Agricultura y Tierras [MPPAT]. 2008. *Prontuarios Vegetales Nacionales y del estado Portuguesa.* San Carlos y Acarigua: Uemppat.

Tovar, E. 02 de Marzo 2008. *Producción Nacional Alcanza para Cubrir 58 % de la Demanda del País.* Diario El Universal.

Strauss, A. y Corbin, J. (2002). *Bases de la investigación cualitativa. Técnica y procedimientos para desarrollar la teoría fundamentada.* edit. Universidad de Antioquia Colombia.

EVALUACIÓN DEL PROCESO DE EXTRUSIÓN DE UN ALIMENTO ELABORADO A PARTIR DE FRIJOL (*Vigna sinensis*) COMO FUENTE PRINCIPAL DE PROTEÍNA PARA CERDOS (*Sus scrofa*) EN ETAPA DE INICIACIÓN*

EXTRUSION PROCESS EVALUATION OF AN ANIMAL FEED MADE OF BEAN (*Vigna sinensis*) AS A MAIN SOURCE OF PROTEIN FOR WEANING PIGLETS (*Sus scrofa*)

Recibido: 07-10-2008 / Aceptado: 02-02-2009

Jacovelin Morales de Perez¹ y Juan J. Fernández Molina²

¹MSc. (UNELLEZ, Cojedes, Venezuela). Profesora adscrita al Programa Ciencias del Agro y Del Mar, Vicerrectorado de Infraestructura y procesos Industriales, UNELLEZ-San Carlos, Cojedes, Venezuela 2201. e-mail: jacovelin@gmail.com

²Ph.D. (Washington State University, Pullman WA, USA), Profesor Titular (J) Jefe del Programa Ciencias del Agro y Del Mar, Vicerrectorado de Infraestructura y procesos Industriales, UNELLEZ-San Carlos, Cojedes, Venezuela. 2201.

e-mail: jfermol@gmail.com

*Tesis de Maestría. Área de Postgrado. UNELLEZ-San Carlos

RESUMEN

El objetivo de la presente investigación fue evaluar el proceso de extrusión de un alimento elaborado a partir de frijol como fuente principal de proteína, para cerdos en etapa de iniciación; se empleó la modelación lineal para optimizar la mezcla de ingredientes utilizados y se evaluó el comportamiento de las variables físicas: Índice de expansión (I.E.), Capacidad de Absorción de Agua (CAA) y Humedad final (Humf) del producto a cinco humedades iniciales diferentes (26,5; 27,3; 29; 30,7 y 31,5 %) en combinación con 2, 3, 5, 7, 8 orificios en el dado del extrusor. Se utilizó la Metodología de Superficie de Respuesta (RSM) para modelar los datos experimentales: Estos se ajustaron estadísticamente, generando las siguientes ecuaciones predictivas: Índice de Expansión (I.E.): $Y_1 = -53,02 + 4,08 * X_1 - 1,20 * X_2 - 0,08 * X_1^2 + 0,05 * X_1 * X_2$, Capacidad de Absorción de Agua (CAA): $Y_2 = -2651,88 + 207,31 * X_1 - 19,60 * X_2 - 3,90 * X_1^2 - 3,61 * X_2^2$, Humedad Final del Producto (Humf): $Y_3 = 181,86 - 11,72 * X_1 - 0,64 * X_2 + 0,21 * X_1^2 + 0,18 * X_2^2$. La modelación matemática arrojó un rango óptimo de contenido de humedad inicial en la mezcla de 27-28 % y número de orificios a la salida del extrusor de 3-4 bajo las condiciones experimentales del estudio.

Palabras clave: Extrusión, Índice de Expansión, Capacidad de Absorción de Agua.

SUMMARY

The aim of this research was to evaluate the extrusion process of an animal feed made of beans as a main source of protein for weaning pigs., linear modeling was employed to optimize the mixture of ingredients and the behaviour of physical variables was evaluated such as Expansion Index (EI), Water Absorption Capacity (WAC) and Product's Final Moisture Content (PFMC) at five different initial moisture contents (26.5, 27.3, 29, 30.7 and 31.5%) in combination with 2, 3, 5, 7 and 8 orifices of the extruder die. The experimental data were modeled by employing the statistical technique Response Surface Methodology (RSM). The experimental data was statistically fitted to generate the following predicting equations: Expansion Index (I.E.): $Y_1 = -53,02 + 4,08 * X_1 - 1,20 * X_2 - 0,08 * X_1^2 + 0,05 * X_1 * X_2$, Water Absorption Capacity (CAA): $Y_2 = -2651,88 + 207,31 * X_1 - 19,60 * X_2 - 3,90 * X_1^2 - 3,61 * X_2^2$, Product's Final Moisture Content (PFMC): $Y_3 = 181,86 - 11,72 * X_1 - 0,64 * X_2 + 0,21 * X_1^2 + 0,18 * X_2^2$. The mathematical model indicated that the optimal combination range of initial moisture content in the mixture and numbers of orifices at the extruder die used under the studied conditions were: 27 - 28% moisture content and 3-4 orifices.

Key words: Extrusion, Expansion Index, Water Absorption Capacity.

INTRODUCCION

El proceso de extrusión ha venido tomando auge en los últimos años en la elaboración de alimentos para animales, debido a los múltiples beneficios que genera en la composición y digestibilidad del alimento final.

Históricamente, en Venezuela la agroindustria productora de alimentos concentrados ha crecido sobre la base de importaciones de sus ingredientes básicos aproximadamente en un 80% de sus requerimientos en materia prima para la elaboración de dietas alimenticias para animales (Leon et al., 1993; Viloria et al., 2005), esto se traduce en costos de producción elevados.

En apoyo a lo anterior se planteó dar una alternativa de solución a este problema utilizando el frijol para la alimentación animal, específicamente para cerdos; conociendo que en este en sus primeras semanas de vida la segregación de enzimas digestivas son insuficientes, y que los alimentos extruidos facilitan la digestión (Valla, 1993), a la vez que favorecen un mayor consumo y un mayor crecimiento diario. En este trabajo se tuvo como objetivo evaluar el proceso de extrusión de un alimento elaborado a partir de frijol como fuente principal de proteína para cerdos en etapa de iniciación, en combinación con otros rubros como los son: el sorgo y la semolina de arroz, para la obtención de un alimento nutricionalmente óptimo.

Este estudio esta basado en la hipótesis que los cambios en el índice de expansión (I.E.), la capacidad de absorción de agua (CAA) y la humedad final del producto, son relativos al número de orificios en el dado del extrusor y a la humedad inicial de la mezcla a extruír y los coeficientes obtenidos de la regresión múltiple describen la respuesta del producto. La investigación realizada fue de carácter experimental

exploratorio, en el laboratorio en condiciones controladas implementadas bajo diseño estadístico de metodología de superficie de respuesta (MSR) aplicándose un diseño compuesto central (2^2) cuatro puntos estrella, dos puntos centrales completamente repetidos con a para ortogonalidad igual a 1,4142 para dos factores experimentales.

MATERIALES Y MÉTODOS

Población y muestra de estudio

La población fue el producto obtenido de la molienda del frijol de la variedad caupí en combinación con sorgo y semolina de arroz (el cual es un subproducto de la agroindustria arrocera), provenientes todos del estado Portuguesa, de los cuales se tomó un subconjunto o muestra de la producción de frijol de los municipios Esteller, Santa Rosalía y Turén. La unidad experimental estuvo representada por cantidades de mezcla a extruír de 2,5 k cada una, se ha de resaltar que se emplearon otros ingredientes adicionales al frijol para la obtención de una formula optimizada con el empleo de modelos lineales, que cubriera todos los requerimientos nutricionales del animal.

Extrusor

Se utilizó un extrusor Extrusor de tornillo simple, marca INSTA-PRO, modelo 600JR, capacidad 272 a 365 K/hr, velocidad del tornillo 550 r.p.m., con un caudal de 16,3 g/seg de y un rango de temperatura de (110-140 °C).

DISEÑO DE OBSERVACIÓN

La mezcla fue extruída y troceada variando el porcentaje de humedad de la mezcla entre 26,5 y 31,5 así como el número de agujeros en el dado entre 2 y 8 según lo indicado en el diseño del experimento (ver tabla 1).

TABLA 1. Diseño Experimental.

Rango de Operación					
	-	-1	0	1	
% humedad	26,5	27,3	29	30,7	31,5
Nº de orificios	2	3	5	7	8

Fuente: Statistica versión 6.0. (Statistica, 2009).

Para la recolección de datos se emplearon las normas Venezolanas COVENIN para las determinaciones de: contenido de proteínas (COVENIN, 1981), grasas (COVENIN, 19806), fibra cruda (COVENIN, 1981), cantidad de cenizas (COVENIN, 1981), contenido de calcio (COVENIN, 1982), contenido de fósforo (COVENIN, 1983), contenido de humedad (COVENIN, 1980), hierro y zinc (%) por espectrofotometría de absorción atómica (COVENIN, 1979). La determinación de la capacidad de absorción de agua (CAA) y el índice de expansión (IE) en porcentaje se procedió según la metodología empleada por Frazier et al (Frazier et al., 1984).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se realizó la formulación del alimento con la introducción de la composición de la materia prima y los requerimientos nutricionales del cerdo en la etapa en estudio en el programa Win QSB versión 2.0 (De Yi Long Chang, 1997), éste procedió a ejecutar un algoritmo dispuesto para evaluar la función objetivo sobre los vértices de la región de factibilidad, generando una solución óptima con la combinación de los diversos ingredientes dispuestos resultando finalmente en la composición del alimento: 65,84 % de frijol; 23,33% de sorgo y 10,83% de semolina de arroz, teniéndose ésta como la mezcla más óptima de los ingredientes utilizados, para lograr cubrir los requerimientos nutricionales del animal tal como se indica en la tabla 2.

TABLA 2. Composición del alimento formulado vs necesidades nutritivas del cerdo en etapa de iniciación (11-25 Kg de peso).

Ingrediente	Composición			
	Proteína (%)	Grasa (%)	Fibras (%)	Cenizas (%)
Alimentos formulado	18,68	3,88	4,23	3,28
Necesidad del Cerdo	18,00	3,00	4,00-4,50	min 2

Fuente: Adaptación de Trujillo (Trujillo, 1987).

Del ANOVA para la variable Índice de Expansión se tiene que para los coeficientes lineales la humedad

y el número de agujeros en el dado del extrusor tuvieron gran influencia ($p < 0,01$). Mientras que la interacción entre ambas variables también fue significativa ($p < 0,05$), la falta de ajuste del modelo no fue significativa ($p \geq 0,05$) para esta y las otras variables dependientes.

El estadístico R^2 indica que el modelo de la respuesta generado a partir de las variables manipuladas en estudio explica en un 86,03% la variación en el Índice de Expansión del alimento (Okunade y Chang, 1993). A continuación se muestra la ecuación predictiva (Ec.4) ajustada.

Índice de Expansión (I.E):

$$Y_1 = -53,02 + 4,08 * X_1 - 1,20 * X_2 - 0,08 * X_1^2 + 0,05 * X_1 * X_2 \quad (4)$$

Donde:

- Y_1 = Índice de Expansión.
- Y_2 = Capacidad de Absorción de Agua.
- Y_3 = Humedad Final del Producto
- X_1 = Humedad de la mezcla a extruir.
- X_2 = N° de orificios del dado del extrusor.

En la gráfica de Superficie de Respuesta (Fig. 1) para esta variable se observa mayor influencia en el aumento de la misma, cuando la mezcla inicial a extruir presenta valores de humedad entre 27 y 28% en combinación con un número de orificios abiertos en el dado entre 2 y 4. Encontrándose un punto máximo de 1,9702 en la expansión del producto final cuando el valor de la humedad es de 27,1737% en combinación con 2 orificios. El máximo mostrado en la figura 1 indica que a menor número de orificios en el dado del extrusor se incrementa la presión y debido a la diferencia de presión a la salida del mismo ocurre la evaporación súbita del agua en el producto, al ser ésta sometida a temperaturas superiores a las de su vaporización, generando la expansión del producto, lo cual indica la modificación de las cadenas proteicas y de almidón; esto mejora la cocción del producto lográndose así la gelatinización de los gránulos de almidón y la desnaturalización de proteínas, aumentando la superficie del producto, con la consecuente destrucción de factores antinutricionales presentes en

la materia prima (Ratkis et al., 1986); de esta forma se obtiene un alimento más atacable por las enzimas digestivas del animal. A su vez un menor contenido de humedad presente en el material a extraer, da como resultado una mayor evaporación de la misma; incrementándose así, el efecto de la energía generada en el proceso sobre otros componentes; debido a que se reduce el consumo de ésta en la evaporación de la humedad del producto y permitiendo su uso más eficiente para una mejor cocción del alimento.

INDICE DE EXPANSIÓN

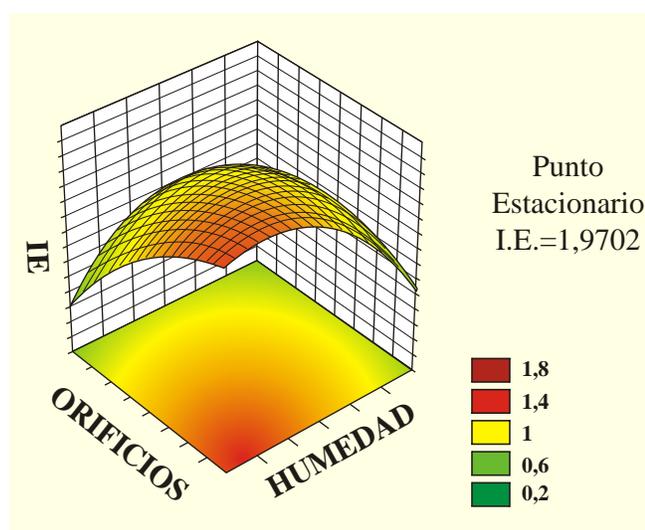


Figura 1. Superficie de respuesta para el Índice de Expansión.

Para la variable Capacidad de Absorción de Agua el ANOVA arroja que los coeficientes: lineal para la variable humedad inicial de la mezcla y cuadrático para el número de orificios en el dado del extrusor son altamente significativos para esta respuesta en estudio ($p < 0,01$), mientras que el coeficiente lineal para la variable número de orificios y el cuadrático correspondiente a la humedad inicial fueron significativos ($p < 0,05$), no encontrándose significancia en la afectación de esta variable para el coeficiente que muestra la interacción de ambas.

Para la predictividad de la ecuación para la variable Capacidad de Absorción de Agua se obtuvo un $R^2 = 74,95\%$. Ecuación predictiva:

Capacidad de Absorción de Agua (CAA):

$$Y_2 = -2651,88 + 207,31 * X_1 - 19,60 * X_2 - 3,90 * X_1^2 - 3,61 * X_2^2 \quad (5)$$

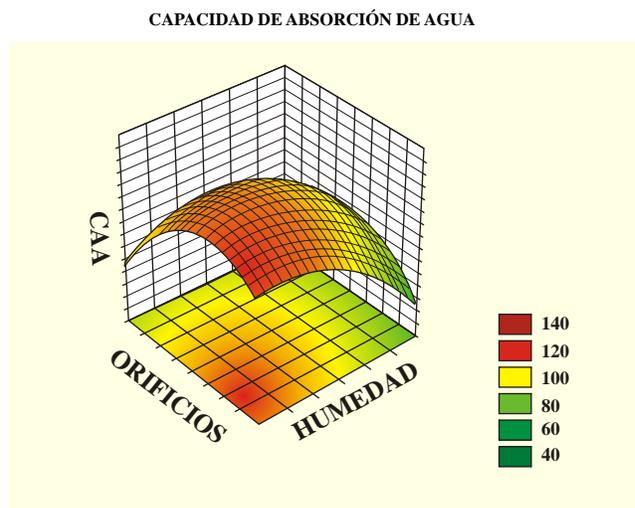


Figura 2. Superficie de Respuesta para la Variable Capacidad de Absorción de Agua.

La gráfica de superficie de respuesta para la variable Capacidad de Absorción de Agua se muestran en la figura 2; se observa que en el rango de humedad inicial de aproximadamente 26,5 a 28,5% y número de orificios entre 3 y 5 produjo un incremento en la respuesta, obteniéndose una respuesta máxima de 159,7755 % a un porcentaje de humedad en la mezcla a extraer de 27,5131 y 4 orificios de salida, indicando que a medida que la humedad en la mezcla inicial se incrementaba y se aumentaba el número de orificios en el dado del extrusor disminuía la Capacidad de Absorción de Agua puesto que; al disminuir el área de salida del producto y por ende aumentar la presión y la temperatura hay mayor degradación de almidones y más grupos hidrófilos disponibles para absorber agua y viceversa, ya que tanto la energía mecánica como la térmica, transferidas al almidón durante la extrusión, provocan el rompimiento de las valencias primarias y secundarias, de los enlaces y puentes de hidrógeno que unen este polisacárido (Gonzalez et al., 1998).

En cuanto a la Humedad Final del Producto (Fig. 3) el modelo generado mostró una respuesta mínima de 16,4935% de Humedad Final a un nivel de humedad inicial en la mezcla a extraer de 27,9904 % y 4 orificios de salida; con un rango de combinación de humedad inicial alrededor del 27-28% en combinación con 3 a 5 orificios que

generan una respuesta mínima en esta variable, teniéndose que a medida que se incrementa la humedad inicial de la mezcla y el número de orificios en el dado del extrusor la respuesta disminuye. Se obtuvo la siguiente ecuación predictiva que explica el 66,17% de la variación (SAS, 1999):

Humedad Final del Producto (Humf):

$$Y_3 = 181,86 - 11,72 * X_1 + 0,21 * X_1^2 - 0,64 * X_2 + 0,18 * X_2^2 \quad (6)$$

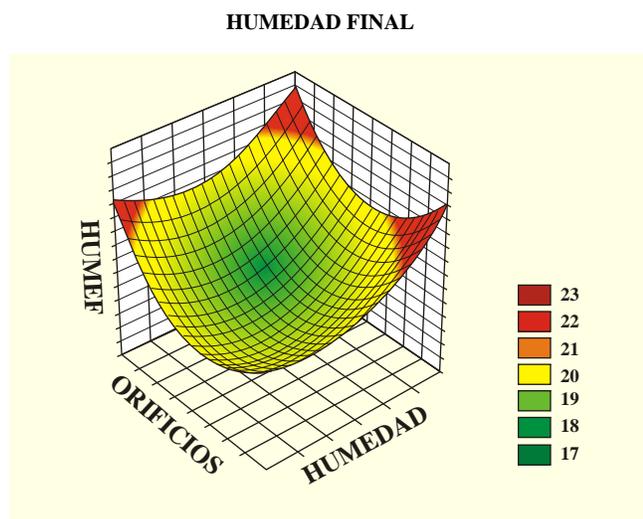


Figura 3. Superficie de Respuesta para la Variable Humedad Final.

El ANOVA para la Humedad Final del Producto arrojó alta significancia ($p < 0,01$) en la respuesta generada por el coeficiente lineal de la humedad, mientras que fueron significativos ($p < 0,05$) los coeficientes lineales y cuadráticos de la variable número de orificios y el factor cuadrático de la variable humedad inicial. No se encontró significancia estadística ($p \geq 0,05$) en la interacción humedad inicial y número de orificios. Se ha de resaltar la importancia desde el punto de vista económico de la humedad final que posea el producto a la salida del extrusor puesto que, a menor humedad final del producto se genera un menor costo en el secado del mismo, operación que debe realizarse para poder almacenar adecuadamente el producto sin que éste sufra alteraciones microbiológicas posteriores que puedan afectar la calidad nutritiva y sanitaria del alimento.

CONCLUSIONES

A partir del cumplimiento de los objetivos planteados se logró formular un alimento acorde a las necesidades nutritivas del cerdo en etapa de iniciación obteniéndose la siguiente formulación: 65,84 % de frijol ; 23,33% de sorgo y 10,83% de semolina de arroz según la aplicación de la modelación lineal, de igual forma a partir del empleo de la técnica estadística Metodología de Superficie de Respuesta se logró modelar la respuesta tecnológica del producto extruído, obteniéndose como región del estudio de mayor factibilidad para la elaboración de un alimento óptimo tecnológicamente los siguientes rangos: Humedad = 27-28 % y N° de orificios del dado del extrusor = 3-4.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- León R, Angulo I., Jaramillo M., Requena F y Calibrese H. *Caracterización química y valor nutricional de granos de leguminosas tropicales para la alimentación de aves* FONAIAP-CENIAP. Zootecnia Tropical. 1993 Vol. 11(2):151-170.
- Viloria. F., González. C., Vechionacce. H., Sulbarán. L., Araque. H. y Quijada. J. 2005. *Impacto económico potencial de la producción alternativa para cerdos*. Universidad Central de Venezuela, facultad de Agronomía. Maracay, Venezuela. Disponible en: <http://www.feporcina.org/06noticias/expo/memorias/Resumenes/Alimentacion%20y%20Materias%20Primas%20Alternativas/Costos.Pdf>
- Valls, P. A. 1993. *El proceso de extrusión en cereales y habas de soja I. Efecto de la extrusión sobre la utilización de nutrientes*. Memorias IX curso de especialización fedna; Barcelona, España. Pp. 109-115.
- Software Statistica version 6.0, StatSoft. 2009.

- Inc.2300 East.14th street Tulsa, OK 74104, USA. Disponible en: <http://www.statsoft.com>
- COVENIN. 1980. *Determinación de Proteínas. Método de Kjeldahl*. Norma Venezolana. N° 1195 80 Alimentos.
- COVENIN. 1980. *Productos de Cereales y Leguminosas Determinación de Grasas*. Norma Venezolana. N° 1785 81.
- COVENIN. 1981. *Productos de Cereales y Leguminosas Determinación del Contenido de Fibra*. Norma Venezolana. N° 1789-81.
- COVENIN. 1981. *Productos de Cereales y Leguminosas Determinación del Contenido de Cenizas*. Norma Venezolana. N° 1783-81.
- COVENIN. 1982. *Productos de Cereales y Leguminosas Determinación del Contenido de Calcio*. Norma Venezolana. N° 1158 82.
- COVENIN. 1983. *Productos de Cereales y Leguminosas Determinación del Contenido de Fósforo*. Norma Venezolana. N° 1178 83.
- COVENIN. 1980. *Productos de Cereales y Leguminosas Determinación del Contenido de Humedad*. Norma Venezolana. N° 1553-80.
- COVENIN. 1979. *Productos de Cereales y Leguminosas Determinación del Contenido de Hierro y zinc por espectrofotometría*. Norma Venezolana. N° 1409-79.
- Frazier, P. J, Craswshaw A, Daniels N and Eggitt R. 1984. *Optimization of process variables in extrusion texturing of soya*. Extrusion Cooking Technology. Ronald Jowitt Editor. Applied Science Publisher, N.Y. p. 1-25.
- De Yih Long Chang. 1997. Software WINQSB. Módulo LP-ILP Linear and Integer Programming. Versión 1.0.
- Trujillo V. 1987. *Modelos Matemáticos en la Nutrición Animal*. Segunda edición. México: Mc Graw Hill
- Okunade A, Chang C and Evans R. 1993. *Comparative analysis of regression output summary statistics in common statistical packages*. The american Statistician. 47: 298-303.
- Ratkis, J.J., Wolf, W.J. y Baker, E.C. 1986. *Protease inhibitors in plant foods: content and inactivation*. En: Friedman, M. (ed). Nutritional and Toxicological Significance of enzyme inhibitors in food. Plenum Publishing. Nueva York, Estados Unidos. pp:216-220.
- González, R; Mora, R; Hernández, H, Bello, L. 1998. *Evaluación de las propiedades funcionales del almidón extrudido de plátano*. Yautepec-Morelos, México: Centro de Desarrollo de Productos Bióticos del IPN; [visitado en mayo2007] disponible en: <http://www.encb.ipn.mx/cibia/TomoIII/III-50.pdf>
- Software SAS versión 8.0. 1999. [CD-ROM], Cary, NC, U.S.A.

FORMULACIÓN DE COMPOTA INFANTIL, TIPO COLADO DE FRUTAS, RICA EN PROTEÍNAS

DEVELOPING OF A FRUIT TYPE BABY FOOD RICH IN PROTEINS

Recibido: 10-10-2008 / Aceptado: 20-04-2009

Ricardo Fuenmayor Aray

Msc. (Lusiana State University, USA), Profesor Asistente adscrito al Programa Ciencias del Agro y del Mar, UNELLEZ-San Carlos, estado Cojedes 2201, Venezuela. e-mail: *fuenmayor.ricardo@gmail.com*

RESUMEN

El propósito de esta investigación consiste en la elaboración de un producto análogo a las populares compotas pero con un significativo contenido de proteínas logrado por medio de su enriquecimiento utilizando un aislado de proteína de soya. Se logró la eficaz adición de 7% de proteína en el producto final, representando así un aumento del 7.000% sobre el contenido de proteína de la compota comercial (0,1%), mediante el uso de un aislado de soya, marca Solae "SUPRO 780" con 90% proteína, en una base de 75% jugo de manzana reconstituido, 0,75% saborizante, 0,2% ácido cítrico y 15% azúcar, produciendo una viscosidad del producto final de 111.000 centipoises (versus 74.000 cps de la compota Heinz) y un alto grado de aceptabilidad (92,5%) según indican los resultados de una encuesta realizada entre 416 estudiantes del campus de la UNELLEZ, San Carlos. La compota enriquecida con 10% de proteína recibió un grado de aceptación de 88,6%. Los resultados de la data sensorial fueron evaluados mediante la Prueba de Kruskal-Wallis, diseñada para data Ordinal, no-paramétrica, permitiendo concluir que no hay diferencias estadísticamente significativas entre las medianas de las tres formulaciones, a un nivel de 95%. Se estudió la reología de las diferentes formulaciones y su nivel de aceptación sensorial, usando diferentes tipos y niveles de espesantes, métodos de procesamiento, relación ácido/edulcorante, y diferentes tipos y contenidos de proteínas. Adicionalmente, se determinó en forma experimental el tratamiento térmico a ser aplicado a los envases de vidrio para lograr su esterilización, utilizando para ello el Método de Adición.

Palabras Clave: *Compota, enriquecimiento, colado de frutas.*

SUMMARY

There is an almost total absence of research papers dealing with the enrichment of baby food by the addition of protein, thus this research is of an exploratory and experimental nature, and new knowledge is hereby being created. Because of the fact that Venezuela occupies the second place among "compota" baby food consumers in Latin America, and due to a lack of an adequate protein consumption level by the most needed social classes, our purpose is to elaborate a product similar to the popular baby food "compotas" but containing a high protein level, by enriching it with a soy protein isolate. A 7% efficient addition of protein to the final product was achieved, this figure representing a 7,000% increase over the 0.1% protein content of the commercial baby food product equivalent, by means of the use of a soy protein isolate, Solae Brand "SUPRO 780" containing 90% protein, mixed with a base comprised of 75% apple juice, 0.75% flavoring agent, 0.2% citric acid and 15% white sugar, thus producing a final product's viscosity of 111.000 centipoises (versus 74,000 cps for Heinz baby food) and a high degree of acceptance (92.5%) which was determined by means of a survey conducted among 416 students of the UNELLEZ, San Carlos, campus. The baby food formulation containing 10% protein got an 88.6% acceptance. Upon evaluating the sensory data by means of the Kruskal-Wallis Test, designed for the evaluation of Ordinal, Non-parametric data, it was concluded that there was no statistically significant differences among the means of the three formulations used, at a 95% level of confidence. The different formulations' rheology was studied, as well as their sensory acceptance (by using different thickening agents' types and levels of usage, as well as by different processing methods, acid/sweetening

agent levels, and isolate types and levels of use). Xanthan Gum was identified as the additive that was able to mask the product's grainy texture, produced by including the soy protein isolate in the baby food formulation. The "ideal" thickening agent ratio was also determined (by combining 0.75% Xanthan Gum with 0.50% modified cassava starch) that would produce the final product's appropriate consistency and would eliminate its syneresis. Additionally, the Thermal Treatment to be applied to the glass containers as to achieve product's sterilization was determined by using the Addition Method.

Key Words: *Babyfoods, protein enrichment*

INTRODUCCION

La compota o colado de frutas tradicional es un producto de amplio consumo en Venezuela. De hecho, nuestro país es el segundo mercado de compotas en América Latina, ubicándose tan sólo después de la nación mexicana (El Nacional, 2006). Al cierre de 2006, se calcula que la plaza comercial local alcanzó un consumo aproximado a 5.800.000 cajas, cifra que en los próximos años continuará ascendiendo, pues la previsión de crecimiento promedio se ubica entre 5% y 6% por año (El Nacional, 2006). Sin embargo, las compotas tienen un muy bajo contenido de proteínas (tan sólo 0.1%) de este importante grupo de nutrientes. Esto es comprensible: el grupo de las frutas está caracterizado por contener un muy bajo contenido de proteínas. La idea es usar el hábito de consumo de compotas, ya establecido en la población objetivo -niños menores de 6 años-, como plataforma de lanzamiento para la introducción en la dieta diaria de un producto análogo, enriquecido con proteínas, para así ayudar a satisfacer las necesidades diarias de los niños entre 0-7 años de edad que son de 2grs proteína/Kg de peso/día, según recomendación de la FAO (referido por Silva y Col., 2004).

En Venezuela, la desnutrición es un grave problema de Salud Pública. De acuerdo a los datos suministrados por el Instituto Nacional de Nutrición

señalan que de 7.600.000 de niños menores de 15 años, el 20% tienen índices de desnutrición crónica y un 13% desnutrición aguda; o sea el 33% de los menores de 15 años padecen desnutrición en el país (Ministerio del Poder Popular para la Planificación y Desarrollo. Informe Venezuela 1990-2005).

El objetivo de esta investigación fue obtener una formulación de un alimento infantil tipo colado de frutas enriquecido con proteínas y que tuviera una buena aceptación entre los estudiantes del núcleo San Carlos de la UNELLEZ.

METODOLOGIA

Tipo de investigación

La investigación aquí presentada es de tipo exploratoria y experimental, y se generará en consecuencia un conocimiento totalmente novedoso.

La Población: La Población consiste de los estudiantes del Programa Ciencias del Agro y del Mar, del campus de la UNELLEZ, estado Cojedes.

Muestra: Para la Muestra, se tomaron 416 estudiantes escogidos aleatoriamente, del Programa Ciencia del Agro y del Mar de la UNELLEZ.

Diseño estadístico: Para comprobar la Hipótesis Nula se aplicó el estadístico Z para comparar los Promedios de Aceptación de las formulas experimentales. También se empleó la Prueba de Kruskal-Wallis, el cual es un test estadístico no paramétrico, aplicable a las variables del tipo ordinal ya que estamos empleando una escala hedónica con cinco niveles para evaluación sensorial. Con tal propósito se utilizó el software estadístico Statgraphics plus versión 5.1.

Técnicas de recolección de datos: El nivel de aceptación del producto se determinó por medio de un cuestionario; en él adaptamos la escala hedónica de 5 puntos en un lenguaje más cercano al público infantil. (*Observatorio Tecnológico. http*).

Con la finalidad de seleccionar el mayor contenido de proteína posible, y tomando como base los resultados del Factorial 2³, indicado en la siguiente en

el cuadro 1, se escogió el nivel de 7% proteínas como aquella concentración óptima de proteínas, dado que ésta concentración producía la viscosidad más parecida a la compota comercial (Heinz) sin variar en forma significativa las otras propiedades organolépticas del producto terminado; como alternativa, se seleccionó un producto con un contenido de proteínas de 10% para determinar el grado de aceptación de una compota con un nivel más elevado de proteínas.

Cuadro 1. Factorial 23. Predicción de Valores Óptimos.

%Proteína	Viscosidad eps
2,5% Almidón Arroz	
7	3.500
9	8.800
10	3.600
3,5% Almidón Arroz	
7	36.000
9	39.000
10	49.000
5% Almidón Arroz	
7	223.000
9	176.000
10	108.000

Desarrollo de la Fórmula. Se probaron diferentes matrices. Las variables a combinar:

- Cantidad de almidón (0.5-1,0-1.5-2.0-2.5-3.0-5%)
- Tipo de Almidón (Trigo/ Arroz / Maíz / Yuca Modificado-)
- Tipo de aislado de soya (SUPRO 780 y 783)
- Uso de Aditivos (Aceite de Silicona antiespumante-, gelatina espesante-, glicerol plastificante-, Gomas vegetales plastificantes y enmascaradores de arenosidad-, entre ellas: Tragacanto y Goma Xantana).

Se identificó al almidón modificado de yuca como un excelente sustituto de todos los almidones probados hasta el momento. Los geles manufacturados con almidón de yuca no presentan sinéresis, muestran una textura muy suave al paladar y se disminuye la arenosidad en forma apreciable. Después de variar las concentraciones de almidón de yuca usando factoriales (proteína 7, 8, 9, 10% versus almidón 2, 3 y 4% almidón modificado de yuca), se determinó que una

concentración de almidón modificado de yuca al 3% produce un gel con 7% proteína con una viscosidad similar a la contraparte comercial. Se probaron las combinaciones Tragacanto:Xantana (2%-2%, 1%-1%); así como el uso de tragacanto sólo al 4%; y también se exploró una compota con 4% goma Xantana. También, se probaron las combinaciones 1%-1%, 2%-1%, 1%-2% para el dúo Almidón Yuca:Xantana y Almidón Yuca-Tragacanto. Como consecuencia del uso de las gomas, se obtuvieron geles de diversas características. Algunas formulaciones resultaron en geles espesos en extremo, otras con características indeseables (“pegostas” o “elásticas como chicle”), mientras que otras produjeron geles con excelentes características organolépticas, con texturas similares a la compota comercial y sin indicios de “arenosidad”. Al cabo de varios experimentos con diferentes niveles/combinaciones de gomas con almidón de yuca se pudo determinar que la Goma Xantana producía los mejores geles, con la mínima arenosidad. En consecuencia, se optimizaron los niveles de almidón de yuca:Goma Xantana elaborando las fórmulas en las siguientes relaciones (0,5%-1%, 0,5%-0,75%, 0,75%-0-75%) y determinando su textura. Eventualmente se identificó que la combinación de 0,75% Goma Xantana, 0,5% almidón modificado de yuca, 0,75% saborizante, 15% azúcar, 0,2% ácido cítrico y 75% néctar reconstituido para la compota enriquecida con 7% de proteína producía un gel de excelente textura, con una viscosidad sensorialmente parecida a las compotas comerciales.

PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

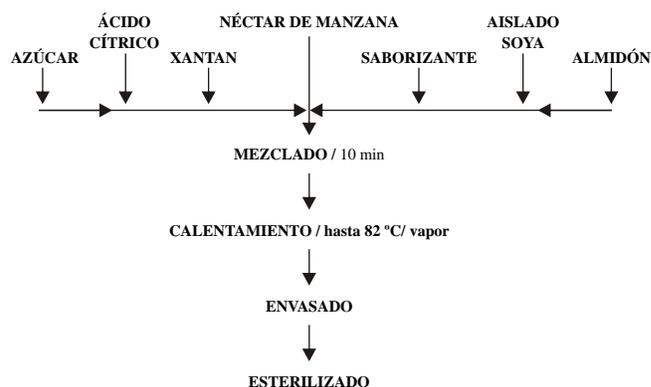


Figura 1. Diagrama de flujo del proceso para la elaboración de la compota.

METODOS DE ANALISIS. Producto Terminado (Compota enriquecida con 7% de proteína): Sólidos Soluble Totales. COVENIN 1945, Pto. 7,1, pH. COVENIN 1315, Determinación de Proteínas (%). AOAC 13TH (1980), mét. 7056, Viscosidad Método COVENIN 1300-77

Con la finalidad de determinar los valores estimados previos, de contenido de proteína y de almidón, alrededor del cual se determinarán las concentraciones ideales de trabajo, se utilizo un diseño factorial 2³.

Cuadro 2. Factorial 23. Predicción de Valores Óptimos

2,5% Almidón Arroz	
%Proteína	Viscosidad
7	3.500
9	8.800
10	3.600
3,5% Almidón Arroz	
%Proteína	Viscosidad
7	36.000
9	39.000
10	49.000
5% Almidón Arroz	
%Proteína	Viscosidad
7	223.000
9	176.000
10	108.000

Ref. Heinz 74.000cps.

Los resultados preliminares indican que el contenido de almidón de arroz afecta directamente la viscosidad de producto final. Eventualmente se pudo determinar que los geles formados con almidón de arroz eran inestables y exhibían sinéresis, por lo cual se decidió utilizar almidón de yuca modificado, el cual resolvía el problema de la sinéresis. La formulación con 7% de proteína y 3% de almidón modificado de yuca mostró una textura y viscosidad (65.000 cps), más parecida a la compota comercial (Heinz 74000, Gerber 54000), por lo que se decidió trabajar con este nivel de proteína de 7% para el diseño de las formulaciones posteriores.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en este trabajo se

muestran en los cuadros 3 al 9.

Cuadro 3. Valores producto terminado.

Proteína	pH	S.S.T	Viscosidad
0%	3,2	18	102.000
7%	5,5	32	118.000
10%	5,8	34	175.000

1. El pH se elevó a niveles cercanos a la neutralidad (cuadro 3) por la acción tampón de las proteínas presentes en las formulaciones, forzando el uso de tratamientos térmicos más severos: 121oC para poder así garantizar la esterilización del producto, previniendo el posible crecimiento de esporas de *Clostridium botulinum*, que se reproduce en conservas ricas en proteínas a pH superiores a 4.5 .

2. Todas las fórmulas incluyeron el uso de 15% de azúcar blanca en su formulación. Las propiedades de alta solubilidad de las proteínas utilizadas, así como también las gomas utilizadas, el contenido de almidón, y el ácido cítrico usado como acidulante, incrementan los grados Brix o % de Sólidos Solubles Totales (S.S.T.) de los productos terminados.

Cálculo del valor F

A continuación, se reportan los valores utilizados en el cálculo del valor F acumulado para las formulaciones con 7% proteína durante su esterilización.

Cuadro 4. Valores Correspondientes para el cálculo del Valor F para 7% proteína.

Fase	Tiempo min.	Temp. °C	Valor Letal Valor F	Suma de Valores F
	0	100	0,0077	0,0154
Fase de Calentamiento (ascenso)	2	104	0,0245	0,0644
	4	107	0,0775	0,2194
	6	110	0,1545	0,5284
	8	112	0,2449	1,0182
	10	114	0,2449	1,5080
	12	114	0,3083	2,1246
	14	115	0,3083	2,7412
	16	115	0,3083	3,3578
	18	115	0,3083	3,9744
	20	116	0,3083	4,5910
Fase de Enfriamiento (descenso)	22	116	0,3083	5,2076
	24	117	0,3880	5,9836
	26	116	0,0489	6,0814

Se utilizó el Método de Adición de los valores F para cada temperatura por encima de 100 °C, tanto en la fase de calentamiento como en la etapa de enfriamiento, según método descrito por García (2007). Se pueden hacer las siguientes observaciones:

1. La temperatura máxima alcanzada en el punto frío del envase de compota enriquecida con 7% de proteína fue de 117oC al minuto 24.
2. La compota 7% alcanzó un F=6,08; valor muy superior al valor F=2,52 mínimo requerido para la destrucción de las esporas de *C. botulinum* (12D).
3. De acuerdo con la clasificación para conservas reportada por García (2007) esta conserva cae dentro de la clasificación de “conservas integrales” (F=4,05,5) donde han sido destruidos todos los gérmenes en estado vegetativo, así como también las esporas de gérmenes de género *Bacillus* y del género *Clostridium*, y las compotas pueden ser mantenidas por cuatro años a temperaturas de almacenamiento de 25oC.

Análisis Sensorial. En el formulario se presentó una escala de 5 puntos, (1= Me disgusta mucho, 2= Me disgusta un poco, 3= Ni me gusta ni me disgusta, 4= Me gusta un poco, 5= Me gusta mucho). Los resultados y el correspondiente análisis de la evaluación sensorial realizada con 416 estudiantes sobre las fórmulas experimentales se presentan a continuación. Primeramente, los resultados de la evaluación sensorial referidos a la fórmula con 0% de proteínas, similar a la compota comercial fueron:

Cuadro 5. Resultado de las pruebas de evaluación sensorial de la compota con 0% de proteínas.

Preferencia	F	Sumatoria
1	1	
2	1	
Aceptación 3	5	
Aceptación 4	30	
Aceptación 5	102	137
Sumatoria=	139	98,56% de Aceptación

Como puede observarse en el cuadro 5, el 98.56% de un total de 139 estudiantes encuestados para la

fórmula sin proteína (similar a la compota comercial) reflejó un alto grado de aceptación hacia el producto presentado. Estos resultados son un reflejo de la realidad, considerando la amplia aceptación que tienen las compotas de frutas (sabor a manzana) entre la población en general.

Los resultados del análisis sensorial obtenido para la compota enriquecida con 7% de proteínas se presentan a continuación:

Cuadro 6. Evaluación sensorial de la compota enriquecida con

Preferencia	F	Sumatoria
1	5	
2	6	
Aceptación 3	16	
Aceptación 4	80	
Aceptación 5	39	135
Sumatoria=	146	92,47% de Aceptación

Al observarse los resultados (cuadro 6) se destaca el hecho de que el 92.47% **de las 146 personas encuestadas muestran aceptación por el producto enriquecido con 7% de proteína.** Se observa un desplazamiento de las preferencias desde la connotación “Me gusta mucho” hacia “Me gusta un poco”. En la sección de la encuesta referida a la pregunta opcional (“¿Le cambiaría algo al producto?”) hubo 16 comentarios relacionados con “Sabor”, 19 comentarios respecto a “Color”, 46 comentarios respecto a “Textura” y 11 comentarios donde se menciona la presencia de “Arenosidad” (en forma espontánea, ya que éste descriptor no fue incluido entre las opciones). Si sumamos los comentarios de Textura (46) más los referidos a “Arenosidad” (11), nos da un total de 57 comentarios referidos específicamente a la textura del producto. Este número es significativo, ya que cerca de un tercio de los consumidores puntuales encontraron algo que objetar a la textura de la fórmula experimental.

Los resultados de la evaluación sensorial realizada sobre los 131 estudiantes que probaron las fórmula con 10% de proteínas se presentan a continuación:

Cuadro 7. Evaluación sensorial de la compota con 10% proteínas.

Preferencia	F	Sumatoria
1	4	
2	11	
Aceptación 3	21	
Aceptación 4	69	
Aceptación 5	26	116
Sumatoria=	131	88,55% de Aceptación

Al observar la data se puede observar que persiste el patrón observado para la formulación con 7% de proteína: hay un desplazamiento de la preferencia de “Me gusta mucho” hacia “Me gusta un poco”, pero de nuevo, con un balance muy positivo. A pesar de la inclusión de un apreciable cantidad de aislado de soya en un producto de corte muy tradicional como lo es la compota de frutas, aún así se obtiene una sumatoria de aceptación del 88.55% lo cual es muy significativo. Esta cifra sugiere que si es posible incrementar hasta 10.000% el contenido de proteína de la compota tradicional y aún así ser un producto con amplia aceptación.

Análisis Estadístico de la Data de Aceptación Sensorial

Se usó el estadístico **Zc** para **comparar los promedios** resultantes de la Aceptación Sensorial donde se indica que la fórmula experimental con **7%** proteína tuvo un **92.5%** de Aceptación, y **88.5%** Aceptación la fórmula con 10% proteína.

Cuadro 8. Comparación de los Promedios de Aceptación para 0, 7 y 10% Proteína Frecuencia de Respuestas (1 al 5).

	0%	7%	10%	x*f	x*f	x*f
	1	5	4	1	5	4
	1	6	11	2	12	22
	5	16	21	15	48	63
	30	80	69	120	320	276
Aceptación 102	39	26		510	195	130
Total (3+4+5)137	135	116				
Nº Total Resp. 139	146	131				
% Aceptac. 0,986	0,925	0,885				
				=0.05		
Zc (0%-7%)=	2,465		1,645	Zc(7-10%)	=1,116	
p	0,954			p	0,906	
272,000				251		
285,000				277		
q	0,046			q	0,094	

El Estadístico **Zc** está representado por:

$$Zc = \frac{\hat{P}_1 - \hat{P}_2}{\sqrt{(\hat{P}_1/n_1) + (\hat{P}_2/n_2)}}$$

Al utilizar el estadístico **Zc** para comparar los Promedios de Aceptacion entre la formula 0% (similar a la comercial) y la de 7%, se observa un **Zc=2.465**, mayor que el 1,645 correspondiente a un **=0,05**, por lo que se concluye que las dos formulas muestran una diferencia estadisticamente significativa. Esta diferencia puede ser atribuida al hecho de que los consumidores estan acostumbrados a consumir una compota tipo gel, semi-transparente y brillante, con el caracteristico sabor a manzana; mientras que la compota enriquecida con 7% proteina, tiene características organolepticas “diferentes” o no usuales: es un gel semi-opaco de color crema claro y con mayor viscosidad. Mientras que al comparar los **Zc** para las dos formulas experimentales, no se observan diferencias significativas, **Zc (7-10%)=1,116** (**?1.645**, **=0.05**), lo cual indica que los consumidores no detectan diferencias significativas entre ambas formulas enriquecidas con proteina.

Dado que se hizo un analisis estadistico especifico para variables no parametricas, se utilizo la Prueba de Kruskal-Wallis, disponible en el software estadistico Statgraphics plus version 5.1. El analisis de varianza de la data obtenida por medio de la Prueba de Kruskal-Wallis, indica los siguientes resultados:

Cuadro 8. Prueba Kruskal-Wallis. Análisis de Varianza. Tabla ANOVA

Análisis de Varianza					
Fuente	Suma Cuad.	Grados de libertad	Cuadrado Medio	Cociente F	P Valor
Entre Grupos	2350,5	2	1175,3	0,0447853	0,9564
Intra Grupos	314907,0	12	26242,3		
Total (Corr)	317258,0	14			

La tabla ANOVA descompone la varianza de los datos en dos componentes: un componente entre

grupos y un componente dentro de cada grupo (cuadro 9). El coeficiente F ($F=0,04478$), es el cociente de la estimación entre grupos y la estimación de los grupos. Puesto que el valor P del Test F es $P=0,05$, no hay diferencias estadísticamente significativas entre las medias de las tres variables a un 95% de confianza. Es decir, la Prueba de Kruskal-Wallis, al comparar las medianas en lugar de las medias, concluye que no hay diferencias estadísticamente significativas entre los tres tratamientos (0, 7 y 10%). Esto es significativo desde el punto de vista de desarrollo de producto, ya que nos indica que aún a niveles tan elevados como 10% de proteína, la compota enriquecida sigue teniendo una alta aceptación (o tan alta como a la compota comercial)

Al ingresar la data sensorial a la Prueba de Kruskal-Wallis en tres columnas, ésta prueba la Hipótesis Nula de igualdad de las medianas dentro de cada una de las tres columnas. Al aplicar este Test usando 3 columnas de tamaño 5, con rangos medios de 6,8; 8,6 y 8,6; se obtiene un Estadístico de 0,54 y un Valor $P=0,763379$. Puesto que el valor $P=0,05$, se confirma que no hay diferencias estadísticamente significativas entre las medianas de los tres tratamientos a un nivel de confianza de 95%. En términos prácticos, estos resultados indican que las tres fórmulas tienen el mismo nivel de aceptación entre la población evaluada.

CONCLUSIONES

Se logró el principal objetivo de la investigación: Obtener una formulación de una compota de frutas donde se incrementa en forma significativa su contenido de proteínas mientras que simultáneamente se obtuvo una buena aceptación entre los miembros del panel de catación. Adicionalmente, se logró determinar el Tratamiento Térmico de la fórmula optimizada, a la cual también se le establecieron los diferentes parámetros que la caracterizan, tales como pH, S.S.T. y viscosidad.

Se concluye que la fórmula recomendada es la compota enriquecida con 7% de proteínas. Este 7% de proteínas representa un aumento de 7.000% sobre el contenido de proteína de la compota comercial

(0,1%). Esto se logró mediante el uso de un aislado de soya, en una base de 75% néctar de manzana, 0,75% saborizante, 0,2% ácido cítrico y 15% azúcar, produciendo una viscosidad de producto final de 111.000 centipoises (versus 74.000 cps de la compota Heinz) y un alto grado de aceptabilidad (92,5%) según indican los resultados de una encuesta realizada entre 416 estudiantes del campus de San Carlos de la UNELLEZ. Este novel producto, envasado en frascos de 110 gramos contiene la misma cantidad de proteínas que un huevo y medio, o un vaso de 200 ml de leche líquida, o a un pequeño bistec de carne de 43 gramos de peso. Estos 7.7 gramos de proteína contenidas en un frasco de compota enriquecida con 7% de proteínas equivaldrá al aporte de casi 40% de la Ingesta Diaria Recomendada de proteínas para un niño de 10 Kg de peso.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- García, M. (2007). *Tecnología para el Procesamiento de Carne*. UNELLEZ.
- Ministerio del Poder Popular para la Planificación y Desarrollo. 2005. Informe Venezuela 1990-2005. Cifras del INN-SISVAN.
- Norma COVENIN 2005-83 *Alimentos Colados y Picados Envasados para Niños de Pecho y Niños de Corta Edad*
- Norma COVENIN 1300-77 *Frutas y Productos Derivados*. Det. de la Viscosidad
- Observatorio Tecnológico de la Industria Agroalimentaria de la Comunidad de Madrid: // www.observatorio-alimentario.org/especiales/consumidores/5.htm
- Silva, E., Castellano, A., Lovera, D., Mosquera, N., Navarro, A., Bolívar, G. 2004. Estado nutricional de los niños en edades

comprendidas de 2 a 4 años que acudieron a consulta del ambulatorio La Morena del Mco. San Carlos. U. Nac. Exp. "Rómulo Gallegos". Fac. de Ciencias de la Salud. Escuela de Enfermería. Aula Móvil, San Carlos.

AREPAS LISTAS PARA COCER DE LARGA VIDA ÚTIL A TEMPERATURA AMBIENTE. ESTUDIO DE RETO MICROBIOLÓGICO

READY TO COOK AREPAS OF LONG SHELF-LIFE AT ROOM TEMPERATURE. II. MICROBIOLOGICAL CHALLENGE STUDY

Pérez, E.¹, Martínez, R.¹, Lares, M.², Tapia, M.S.¹

¹Universidad Central de Venezuela, Facultad de Ciencias. Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos.

²Universidad Central de Venezuela, Facultad de Medicina. Escuela de Nutrición y Dietética.

*Corresponding author: PhD. Elevina Pérez; Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos, Facultad de Ciencia de la Universidad Central de Venezuela. Calle Suapure, Lomas de Bello Monte. Caracas, Venezuela. Phone: +58/2127534403

Fax: +58/2127533871. Email: *perezee@hotmail.com; eperez@ciens.ucv.ve*

Recibido: 10-10-2008 / Aceptado: 20-03-2009

RESUMEN

Las arepas son una parte importante de la dieta de venezolanos y colombianos. La introducción en el mercado de una arepa lista para cocinar de larga duración a temperatura ambiente sería de gran ventaja. Se realizaron estudios para determinar la vida útil de una arepa lista para cocinar desarrollada en el laboratorio. Se llevó a cabo un estudio de reto microbiano para determinar la estabilidad microbiológica de las arepas listas para cocción. Para ello, se evaluaron después de siete días de almacenamiento a temperatura ambiente, muestras de arepas inoculadas con flora bacteriana nativa previamente aislada de la masa almacenada durante 30 días a 28 ± 2 °C tratadas con tres barreras antimicrobianas (tratamiento térmico, tipo y concentración de aditivo y empacado al vacío). Como resultado se obtuvo un prototipo de arepas listas para cocción, con posibilidad de almacenamiento de siete días a temperatura ambiente y quince bajo refrigeración, similares a las elaboradas en casa con una completa caracterización microbiológica, química y de aceptabilidad sensorial.

Palabras clave: *Arepas, listo para cocción, vida de anaquel, estable, reto microbiano.*

SUMMARY

Arepa is an important part of the Venezuelan and Colombian diet. The introduction in the market of a ready-to-cook-arepa of long lasting life on the market shelves at room temperature, or refrigeration, will be of great convenience. Studies were conducted to determine the sensory shelf-life of a ready-to-cook arepa developed in the laboratory. Microbial challenge tests were conducted with natural flora isolated from corn dough, stored and spoiled after 30 days at room temperature. The selected formulation, a prototype of long shelf life ready-to-cook arepa was obtained. These arepas have the same taste as any homemade arepa. A complete characterization and its microbial, chemical and sensorial stability were evaluated during seven days at room temperature and beyond fifteen days in refrigeration.

Key words: *Arepas, ready-to-cook, stable shelf life, microbial challenge study.*

INTRODUCTION

Arepas the traditional food for Venezuelan consumers have usually been prepared by two methods time-consuming. The introduction in the market of a ready-to-cook-arepa of good keeping qualities at room temperature, or refrigeration, will be of great advantage. The consumer could take the ready-to-cook-arepa from the shelf to the stove, saving time and decreasing the risks of microbial contamination. In order to produce arepas with extended shelf life, the knowledge of the native microbial flora and its suppression from corn dough is necessary. The objective of this work was to determine the process for obtaining ready-to-cook-arepas of extended shelf-life at 28 ± 2 °C (room temperature) through a microbial challenge approach. This test is performed in order to evaluate the stability of a product in presence of known, generally massive, microbial inoculums. Physical, proximate analysis and microbiological stability of the final products, kept seven days at room temperature were performed.

MATERIAL AND METHODS

Materials

Pre-gelatinized corn flour, vacuum packaging polyethylene bag, GRAS additives: pH-dependent antifungal and acetic and citric acids.

Methods

Design of the procedure at laboratory scale.

Arepas were prepared by slowly mixing with continuous agitation 1,760 parts of potable salted (0,75%) water with 1 part of commercial pregelatinized corn flour in a KitchenAid (Model K5SS, Michigan, USA.) during 10 minutes. The dough was left to proof 5 minutes and mixed again for 15 minutes. Two pre-cooking methods selected on previous assays were used: 7 minutes in microwave oven (method A) or 5 minutes in boiling water

(method B). The subjective mechanical resistances to the touch of the arepas and solids losses were the main criterion to choose each parameter. When using the method B, a significant loss of solid was observed in the boiling water after cooking, and the arepas were, by touch, less resistant to the mechanical treatment. The microwave method (A) was chosen, since it was easier to control, the arepas had more mechanical stability, or less deformity when handling, and also there were less losses of solids than in the arepas precooked in boiling water. Consequently, the microwave exposure time (method A), the type of packing (thermoplastic polyethylene) and the parameters of vacuum packaging, using a vacuum packaging machine (VacMaster, Mod: SVP 20, USA, at V=2; G=3 and S=4) were selected after several assays. The arepa size was determined to fit the "tostiarepa" (Oster de Venezuela, S.A. Caracas, Venezuela) molds.

Isolation of the dough native microbial flora

Three batches of samples (each package of 6 arepas) were elaborated by using method A, and stored during 30 days in a room with temperature control at 28 ± 2 °C. The stored samples were investigated for microbiological aerobic count (on plate count agar) as well as yeast and mold count (on potato dextrose agar + tartaric acid) using the pour plate method (Deibel and Swanson, 2001, APHA, 1992, FDA, 1992). The more concurrent and representatives colonies observed on the plates were aseptically picked out and transferred into 10 mL of fresh sterile nutrient broth. The inoculated broths were incubated at 30° C with agitation during 24 hrs (this should yield approximately 5×10^9 cells) and stored to be used in the microbial challenge study.

Microbial challenge test

Previous to the microbial challenge test, several assays were performed using the two types of acids as acidulant and three concentrations of the antifungal pH-dependent additive (500, 1000 and 1500 ppm); in order to reach the volume of acid necessary to get the pH value of the dough close to the dissociation constant (pK_a) of the additive, which is 4.75. The pH of the water, water plus acid and dough were evaluated by the method N° 02-52 described in the

AACC (2003). Afterwards, four batches of arepa dough with the allowed maximal concentration of the antifungal additive (Furia, 1972 and Sofos and Busta, 1981) and two acids types, with pH values close to dissociation constant of the antifungal pH-dependent additive, were inoculated with active cultures (titles of 10^3 to 10^5 CFU/g) of the native colonies selected (aerobic bacteria and yeast and molds) from the arepas elaborated using the scheme described in Figure 1.

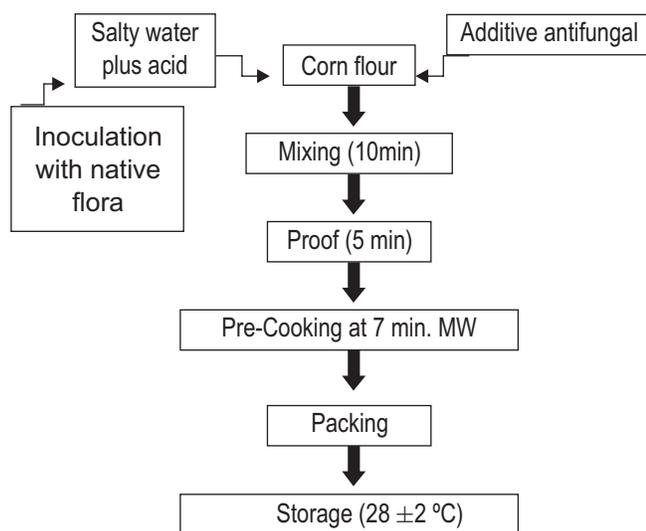


Figure 1 . Method for preparation of arepas in a microbial challenge approach

Hereafter, the arepas were aseptically molded, packed and stored for 7 days at room temperature (28 ± 2 °C). The stored samples were investigated for microbiological aerobic count; as well as for yeast and mold count, using the same methods described before.

Description of the dough formulation with the minimal antifungal additive concentration

Once the effectiveness of the pH dependent antifungal additives was corroborated, four batches of dough were elaborated by using method A: Three batches and one control were prepared using various concentrations of the antifungal additives, starting from the allowed maximal concentration according to the Venezuelan Official Standards (COVENIN), and decreasing it until the minimal level in terms of the

microbial population inhibited. The three batches of inoculated arepas, stored during 7 days at (28 ± 2 °C) were assayed for microbiological aerobic count (on plate count agar) as well as yeast and mold count (on potato dextrose agar + tartaric acid) as previously described. The assays were performed three times.

Overall stability evaluation, proximal composition, and acceptability of the arepas elaborated with the minimal concentration of the selected GRAS additive.

Three batches of the samples of arepas were elaborated with the scheme previously chosen based on the minimal concentration of selected GRAS additives, microwave method, vacuum level and package type, [Scheme 1, without the phase of inoculation of native flora (red underlined)] and were stored during seven days at (28 ± 2 °C). After this time, the arepas were assayed for aerobic mesophilic count (plate count agar), total coliforms, yeast and mold count (potato dextrose agar/tartaric acid), *Staphylococcus aureus*, *Salmonella* sp., and additive concentration, according to Venezuelan official standards (COVENIN) moisture content, pH, titratable acidity (using methods N°s: 44-19, 02-52, 02-31 respectively) described by AACC, (2003), and aw using procedure described by Wilson et al. (2006) After a_w , the microbial data were analyzed and having confirmed the microbial safety, the arepas were cooked and tasted with an affective laboratory panel that gave its opinion on sensory characteristics: taste, odor, and global acceptance. The test was performed using a hedonic scale of 7 points described by Pedrero et al. (1997).

RESULTS AND DISCUSSION

Table 1 shows the means of the results of the assay to select the volume and type of acid to be used in the final scheme. As can be seen, the amount of citric acid chosen was 120 mg and 2.5 ml for acetic acid. These amounts were incorporated to the recipe for dough elaboration at the microbial challenge test as is shown in Figure 1. Moreover, acetic acid was chosen to perform an assay to establish the adequate pH for the elaboration of the arepas with the minimal pH-dependent antifungal additive concentration that shall guarantee microbial quality. Acetic acid was

chosen due to the typical flavor contribution it offers to the product.

Table 1. Dough recipes based on amount of acid added, pH of the water and dough and final pH of the arepas.

Acid Type	Acid amount	Water's pH	Dough's pH	Arepas's pH
Citric	60 mg	3.9	5.5	5.5
	120 mg	3.9	5.1	5.1
	0.35 ml	4.8	7.0	7.0
Acetic	2.5 ml	3.4	4.8	4.8

Table 2 is a summary of the pH found in the dough, when using acetic acid as acidulant at different concentrations of the GRAS additive. As can be seen in the table, three concentrations of the GRAS pH-dependent antifungal additive were used, varying them from the maximum allowed concentration of 1500 ppm to zero concentration used as control. At 500 ppm, the pH of dough is quite close to the additive dissociation constant (pKa) of the microbial additive (4.75). Table 2 also shows the mean of the results of the pH values of the acidulated water, dough and arepas. The concentration of the antifungal additive did not change the pH, guarantying the efficacy of the additive and the inhibition of microorganisms. The additives were incorporated to the recipe for dough elaboration, as shown in Figure 1.

Table 2. pH of the dough and arepas

	0 ppm	500ppm	1000ppm	1500ppm
Water's pH	6.6	6.6	6.6	6.6
Water's pH + acid	3.5	3.6	3.6	3.6
Dough pH	4.5	4.5	4.5	4.6

Table 3 summarizes the results of the microbial challenge test. As can be seen, both types of microbial population were suppressed by the antibacterial used. Despite the pH values are slightly above the pKa value, the test shows an effective inhibitory action of the additive on the microorganisms present in the dough.

Tabla 3 Results of the microbial challenge study performed on arepas. Samples were inoculated at pH close to pKa of the additive used.

Sample*[Inoculums]	Acid type	Dough pH	(FCU/g)		
			Aerobic mesophilic	yeast and mold	
1	0	Acetic	5.03	<100	<100
2	0	Citric	5.48	1900	<100
4	10 ³	Acetic	4.97	300	<100
5	10 ³	Citric	5.44	<100	<100
7	10 ⁵	Acetic	5.07	<100	<100
8	10 ⁵	Citric	5.38	<100	<100

* Dilutions: -1, -2 y 3.

Table 4 shows that 500 ppm was good enough for the control of the microorganisms during 15 days. When concentrations less than 500 ppm were assayed, the results were very similar to microbial counts of control samples. Likewise, a slightly chemical taste in the product when the additive concentration was above 500 ppm was perceived. However, in order to be within microbial safety limits, expiration dates of 7 days at room temperature ($28 \pm 2^\circ C$) or 15 days at refrigeration temperatures ($5 \pm 2^\circ C$) are proposed.

Table 4. Results of the microbial challenge study performed on arepas. Samples were inoculated at pH close to pKa of the additive used and stored during 15 days.

Additive concentration (ppm)	(FCU/g) Aerobic Mesophilic	(FCU/g) Mold	(FCU/g) Yeast
0	3.0×10^5	1.2×10^3	2.1×10^4
500	2.4×10^3	<10	<10
1000	2.9×10^3	<10	<10
1500	5.0×10^3	<10	<10

* Dilutions: -1, -2 y 3.

The microbial evaluation, moisture content, a_w , pH and titratable acidity of the arepas that were elaborated with acetic acid and 500 ppm of the additive are shown in Table 5. The raw precooked arepas have a moisture content of 64.20 % with a_w value of 0.99. The pH was 4.71 and the titratable acidity 0.08 %. As can be seen, the results of the microbial evaluation indicate stability of the product

during seven days. Aerobic mesophilic counts of several dehydrated products are similar to the values found in this study. In a detailed study of the microbiology of dehydrated food products, Jay (1996) shows that these products have an aerobic plate count (APC) of less than 10.000/g. In addition, despite the acceptable high population of aerobic mesophilic (5.0×10^5), once the arepas have been cooked, the population is reduced as demonstrated in Table 1. All of the sensorial parameters (odor, taste, texture and color) were declared acceptable by the judges of the affective panel.

Table 5. Physical, chemical and microbiological characterization of arepas after performance of a microbial challenge study. Samples were inoculated at pH close to pK_a of the additive used and stored during 7 days.

Parameters	
(FCU/g) <i>Aerobic Mesophilic</i>	5.0×10^5
(FCU/g) Total <i>Coliforms</i> .	<3
(25 g) <i>Salmonella</i> spp	–
(FCU/g) <i>Staphylococcus aureus</i>	<10
(FCU/g) <i>Mold</i>	<10
(FCU/g) <i>Yeast</i>	<10
Moisture content (%)	64.20
a_w	0.99
pH	4.90
Additive concentration	17.44 mg/100g
Titrateable acidity (expressed as acetic acid)	0,08 g/100g

CONCLUSION

The feasibility of the elaboration of ready-to cook arepas using three antimicrobial barriers (additives, microwave, and vacuum packaging), stored at room temperature during seven days, was demonstrated using a microbial challenge test. As a result, a prototype of a long shelf life ready-to-cook arepas was obtained (Figures 1). These arepas have the same taste the same as any homemade arepa. The complete characterization and stability for seven days at room temperature and beyond fifteen days in refrigeration was performed corroborating these findings.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AACC. American Association of Cereal Chemists. 2003. *Laboratory Method* 10th edn. St. Paul, MN, USA: AACC.AOACI 2000. *Official Methods of Analysis*. N° 974.08-2000. 17th ed. Association of Official Analytical Chemists International. Washington, DC, USA.
- APHA, 1992. *Compendium of Methods for the Microbiological Examination in Food*. Third ed. Eds. C. Vandezant y D.F. Splittstoesser. American Public Health Association. Washington, D.C. USA.
- COVENIN. Comisión Venezolana de Normas Industriales Normas N°s.: 902-87, 1291-88, N°: 1292-89, 1337-90, 1104-96, N° 910 -00. Ministerio de Fomento. Caracas, Venezuela. COVENIN. 2000. Comisión Venezolana de Normas Industriales Normas N°.: 910-2000, Ministerio de Fomento. Caracas, Venezuela.
- Deibel, K., Swanson, K. 2001. Cereal and cereal products. In: Downes FP, Ito K, editors *Compendium of methods for the microbiological examination of foods and technology*. Springer Washington, D.C. pp. 549-553.
- FDA, 1992. *Bacteriological Analytical Manual*. 8th Ed. Association of Official Analytical Chemists International (AOAC) and Food and Drug Administration, Arligton, V.A. USA.
- Furia, T.E. 1972. *Handbook of Food additive* 2nd Ed., Vol. I, CRC Press, New York. Jay, J.M. 1996. *Modern Food Microbiology*. 5ta ed. Chapman & Hall Pub. New York.
- Pedrero, D., Pangborn, R. 1997. *Evaluación Sensorial de los Alimentos*. Métodos Analíticos. Alhambra Mexicana. México D.F. p. 151.

Sofos, J.N., Busta, F.F. 1981. Antimicrobial Activity of Sorbate. *Journal of Food Protection*, 44(8):614-622.

Wilson, P., Iugovaz, I. 2006. Health products and food branch Ottawa determination of water activity using the Decagon Aqua Lab CX-2 and Series 3. Patti Irene. Laboratory Procedure. MFLP-66. Ottawa Canada. [on line] http://www.hc-sc.gc.ca/fn-an/alt_formats/hpfb-dgpsa/pdf/res-rech/mflp66-eng.pdf

**CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA DE CAMBUR “Manzano”
(Musa Sp (L), AAB), DEL SECTOR MANGO REDONDO DEL ESTADO COJEDES**

**PHYSICOCHEMICAL AND MICROBIOLOGICAL CHARACTERIZATION OF
BANANA Manzano (Musa Sp (L), AAB) FROM THE MANGO REDONDO SECTOS
OF COJEDES STATE**

Gyzel Rosalía Guillent Gallardo¹ y Constanza Sánchez²

¹Ing. Agroindustrial. Profesora Agregado. Adscrita al Programa Ciencias del Agro y del Mar. Vicerrectorado de Infraestructura y Procesos Industriales. UNELLEZ-San Carlos, Estado Cojedes, Venezuela. E-mail: gyzelgui@gmail.com

² Doctora. Universidad de Zaragoza-España. Profesora Titular.Unellez-San Carlos

***Tesis de Maestría. Área de Postgrado. UNELLEZ-San Carlos**

Recibido: 05-11-2008 / Aceptado: 24-03-2009

RESUMEN

El objetivo principal de esta investigación fue obtener información de algunos índices físico-químicos y microbiológicos de cambur de la variedad “Manzano”, del Sector Mango Redondo del estado Cojedes. Los resultados obtenidos fueron los siguientes: 0,68% de acidez, 68,59% de humedad, 4,5 de pH, 0,96 de actividad de agua, 25,6 % de sólidos solubles, 0,054 % de calcio, 14,88 mg/100g de ácido ascórbico, coordenadas cieLab de color (L,a,b) igual a 71,5,-4,8,23,7 respectivamente y recuentos microbianos de 7×10^2 ufc de aerobios mesófilos y <10 ufc para hongos y levaduras.

Palabras clave: Cambur; características físicas, químicas, microbiológicas.

SUMMARY

The main aim of this research was to gather information regarding some physicochemical and microbiological indexes of banana variety Manzano from the Mango Redondo Sector of Cojedes State. The following results were obtained: % acidity 0.68; % water content 68.59; pH 4.5; Water activity 0.96; % Soluble solids 25.6; % Calcium 0.054; mg/100g Ascorbic acid 14.88; Hunter Lab Color L: 71.5, a: -4.88, b: 23.7, respectively. Microbial counts: cfu mesofiles 7×10^2 , cfu yeast and molds <10 .

Key words: banana, physical, chemical and microbiological characteristics

INTRODUCCION

El cambur es la fruta más popular del mundo. Pertenece al género *Musa* (parte de la familia Musaceae), son derivados de la especie *Musa acuminata* (AA) y de la *Musa balbisiana* (BB). Se cree que existen casi 1000 variedades de cambures en el mundo, subdivididas en 50 grupos. Su forma es cilíndrica alargada y curva con gran variedad de tamaños (8 a 24 cm de longitud), de piel lisa con diferentes colores que van del amarillo claro al intenso con algunos matices verdosos según la variedad. Los cambures tienen características alimenticias muy beneficiosas. Son una buena fuente de la vitamina C, B6 y A. Poseen un alto contenido de carbohidratos y fibra, pero bajos en niveles de grasa y proteínas. Son también ricos en potasio.

En el cuadro 1 se refleja los componentes del cambur manzano y sus valores nutritivos por cada 100 gr. de producto de acuerdo a la tabla de composición del Instituto Nacional de Nutrición.

Cuadro 1. Composición del Cambur Manzano

Componente	Valores nutritivos por 100 gr de alimento
Calorías(Kcal)	95
Humedad (g)	73,8
Proteínas (g)	1
Grasas (g)	1,3
Carbohidratos (g)	
disponibles	19,8
totales	23,2
Fibra dietética (g)	
total	3,4
insoluble	
Cenizas (g)	0,7
Calcio (mg)	20
Fosforo (mg)	51
Hierro (mg)	0,9
Vitamina A (E.R)	16
B-caroteno (equiv. total)	96
Tiamina (mg)	0,05
Riboflavina (mg)	0,04
Niacina (mg)	0,7
Potasio (mg)	396

Fuente: Tabla de composición de alimentos. INN (2001)

Aunque los valores reflejados en el cuadro 1 pertenecen a cambures estudiados en Venezuela, esta composición depende de la variedad botánica, las prácticas culturales mediante la cual sean producidas, las condiciones ambientales (suelo, lluvia, luminosidad) y cambian también con el estado de madurez progresivo del vegetal, el cual es influenciado por las condiciones de almacenamiento.

Villalonga (1981) realizó la caracterización físico-química de las variedades de cambur más importantes de Venezuela. Los resultados obtenidos se reflejan en el cuadro 2.

Cuadro 2. Caracterización físicoquímica de algunas variedades de cambur.

Variedad	PH	% Acidez total	°Brix	Proteínas (%)	Hierro (mg/100g)	Calcio (mg/100g)	Ácido ascórbico (mg/100g)
Titiaro	5,06	0,32	28	2,7	0,6	3,36	1,46
Pineo	4,7	0,4	23	2,1	0,9	3,6	2,00
Gigante							
Cuyaco	4,89	0,39	26	1,5	0,35	4,74	1,20
Martinico	4,69	0,40	26	1,7	0,1	9,99	2,00
Manzano	4,4	0,58	24	1,8	0,35	8,51	1,46

Villalonga (1981)

El cuadro 2 indica que las variedades que se cultivan en Venezuela presentan cierta variación en su composición y valor nutritivo. Los resultados obtenidos para pH y acidez indican que la variedad manzano es el rubro que contiene mayor cantidad de ácidos entre ellos el ácido ascórbico, así como es el que presenta el menor valor de ° Brix. La variedad con mayor contenido de calcio y ácido ascórbico es el Martinico y el tiene mayor cantidad de proteínas es la variedad Titiaro.

Venezuela es considerada uno de los países con un consumo elevado de esta fruta. Norte América y Europa se consideran los principales importadores de cambures del mundo, siendo el principal exportador Colombia (más del 50%), Ecuador (más del 15%), Venezuela (8%), al igual que Costa Rica y Guatemala. Es difícil estimar las áreas de siembra de este cultivo, ya que se encuentran dispersas por todo el país, desde pequeñas áreas tipo conucos, hasta grandes áreas de exportación. Sin embargo en nuestro país, la

producción ha disminuido mucho en los últimos 3 años, debido a fuertes problemas climatológicos, y de política que han provocado una resiembra y renovación de plantaciones y una disminución en el nivel de tecnificación del cultivo. El cambur “Manzano” es el tercero en importancia en cuanto a producción de este rubro en Venezuela se refiere. (AGRINOVA, 2008).

Particularmente en el estado Cojedes, en una de las principales frutas producidas junto al mango, la naranja, y la guayaba. El Ministerio de Agricultura y Tierras indica que el cultivo del cambur tuvo un descenso en la producción importante en los años 97-2001. A partir del año 2001, hubo un aumento en la producción la cual, continúa creciendo y es un indicativo positivo en la proyección futura del rubro.

Cuadro 3. Producción de cambur Estado Cojedes, Años 1997-2007

Años	Producción (toneladas)
1997	624
1998	599
1999	513
2000	696
2001	1750
2002	2168
2003	2500
2004	6698
2005	6712
2006	6725
2007	6739

Fuente: UEMAT Cojedes 2007

La comercialización nacional se realiza a través de intermediarios que obtienen el cambur de las unidades de producción y lo transportan hacia los mercados mayoristas, la agroindustria y los mercados minoristas. Este modelo se repite en todos los estados productores. La comercialización a través de terceros ha traído como consecuencia que los productores perciban menor beneficio y enfrenten los mayores riesgos durante el proceso productivo (AGREVO, 2007).

En Venezuela y en la mayoría de los países donde se produce el cambur normalmente se consume en forma fresca, otras modalidades de consumo son: pulpa y cambur deshidratado o en polvo, como aditivo para las leches saborizadas y yogurt o para la elaboración de dulces. El cambur de primera calidad se destina al consumo fresco y el de menor calidad o sobremadurado a la agroindustria y, en algunos países, se utiliza como forraje o alimento para animales. Sin embargo se puede afirmar que el cambur es poco utilizado industrialmente ya que la mayoría de los procesadores de cambur tienen la dificultad de desarrollar productos con color, sabor y textura semejantes a la fruta fresca debido a que durante el procesamiento, le ocurren una serie de cambios que afectan la calidad del producto final, como lo son el oscurecimiento y la pérdida de textura, los cuales ya han sido estudiados, a fin de aplicarle técnicas que permitan evitar dichos cambios, puesto se hace necesario incrementar el uso de este rubro para darle un valor agregado y el consumidor tenga otras opciones de consumo de esta fruta. Para el logro de esto, es importante obtener información relativa a las características físico-químicas y microbiológicas de esta materia prima.

MATERIALES Y METODOS

La Población de la investigación consistió en cambures de la variedad “Manzano” provenientes del sector Mango Redondo del Estado Cojedes, Venezuela.

Los racimos de cambur fueron cosechados manualmente verdes con madurez fisiológica y llevados al Laboratorio de Ingeniería y Tecnología de Alimentos de la UNELLEZ- San Carlos, estado Cojedes, Venezuela. Se les descartaron las manos inferiores y superiores, mientras que las restantes fueron lavadas con agua más Benlate y sometidas a la inducción de maduración con 2000 ppm de Ethrel por 130 horas a 27°C (García, 2000), esto permitió conseguir una madurez de consumo de la fruta homogénea. De las manos de cambures maduras artificialmente, se tomaron muestras aleatorias constituidas por 3 cambures, cada vez por triplicado y se realizó un pool de pulpa para llevar a cabo cada análisis físico-químicos por triplicado, que

permitieron caracterizar la materia prima.

Los métodos utilizados y los resultados se describen a continuación:

Determinación del contenido de humedad.

Se determino mediante empleo de la Norma Venezolana COVENIN N° 1553. (1980).

Determinación de los sólidos solubles.

El contenido de sólidos solubles definidos como grados Brix, se leen mediante el uso de un refractómetro de mesa marca ABBE, el cual permite leer a una temperatura de 20°C.

Determinación del Ph.

Se determinó mediante empleo de la Norma Venezolana COVENIN N° 1315 (1990).

Determinación de la acidez titulable.

Se determinó usando la Norma Venezolana COVENIN N° 1769.(1981).

Los resultados se calcularon mediante la expresión siguiente:

$$Ac = \frac{V * N * P_{meq}}{G} * 100$$

Donde:

- Ac: Contenido de acidez titulable (g/100).
- V: Volumen de NaoH consumido en la titulación.
- Pmeq: Peso equivalente del acido predominante (g/100).
- G: Peso de la muestra considerado en la dilución.

Determinación de ácido ascórbico.

Se determinó mediante la técnica volumétrica 2-6 Diclorofenolindofenol. Método 967.21 de la AOAC (1990).

El contenido de acido ascórbico se calculó mediante la expresión siguiente:

$$Ac. Ascórbico (mg/100gr) = \frac{V * V_f * 100}{G * A * T}$$

- V: Volumen (ml) de DFI consumido en la titulación.
- Vf: Volumen final a la que fue llevada la muestra (100ml).
- A: Alícuota (ml) tomada para la titulación (25ml).
- G. Peso de la muestra (25gr)
- T: Titulo del DFI

Determinación del contenido de Calcio.

Se determinó mediante empleo de la Norma Venezolana COVENIN N° 1158. (1982)

Determinación del contenido de azúcares reductores y totales.

Para la determinación del contenido de azuceres reductores y totales, se siguió el método N° 932.12 de la AOAC (1990).

Determinación del Color

Se determino con un colorímetro de refractancia triestimulo, que utiliza la escala LAB de Hunter. Se determinaron los parámetros L, a y b. (Laboratorio de Ingeniería y Tecnología de Alimentos, UNELLEZ-San Carlos, estado Cojedes, Venezuela).

Determinación de la Actividad de Agua (Aw).

Se determinó utilizando equipo AQUALAB CX-3 (Laboratorio de Ingeniería y Tecnología de Alimentos, UNELLEZ-San Carlos, estado Cojedes, Venezuela), aparato que utiliza la técnica del punto de rocío por espejo enfriado.

Determinación de Aerobios mesófilos.

Se determinó utilizando la norma venezolana COVENIN 902. (1987).

Determinación de Hongos y Levaduras

Se determinó utilizando la norma venezolana COVENIN 1337. (1990).

RESULTADOS Y DISCUSION

En los cuadros 4 y 5 se dan a conocer los resultados físicos químicos y los microbiológicos practicados al cambur “Manzano” del sector mango redondo del Estado Cojedes.

Los resultados mostrados en el cuadro 1, reflejan que la materia prima utilizada contiene bajo contenido de calcio y vitamina C (ácido ascórbico), con respecto a lo que indica el Instituto Nacional de Nutrición (2001), aunque estos valores están por encima los obtenidos por Villalonga (1981). El cambur es un producto rico en sólidos solubles entre ellos sacarosa, un pH que está en el límite de los alimentos ácidos, con una A_w y una humedad elevada,

todas estas condiciones caracterizan al cambur como un buen sustrato para el crecimiento microbiano. Los valores de L (luminosidad de color) resultaron estar por encima de 70 que resultan hacia el color blanco de acuerdo a las coordenadas de color cieLab. Para el parámetro a se obtuvieron valores negativos esto indica la tendencia hacia el color verde claro y para b valores positivos que de acuerdo a la escala tienden hacia el amarillo claro.

Cuadro 4.- Características físico químicas del cambur manzano

Determinación	Valor promedio	Desviación Estándar
Acidez titulable (%)	0,68	0,04
Contenido de humedad (%)	68,59	0,95
pH	4,5	0,1
Actividad de agua (aw)	0,962	0,01
Sólidos solubles totales	25,6	0,13
Calcio (%)	0,054	0,02
Acido ascórbico (mg/100g)	14,88	0,014
Azúcares reductores (%)	5,29	0,12
Azúcares totales (%)	9,25	0,12
Color		
L	71,5	0,6
a	- 4,8	0,75
b	23,7	0,22

En el cuadro 5, se observa los resultados obtenidos del análisis microbiológicos de la fruta fresca, los cuales fueron menores a 10^3 ufc/g para aerobios mesófilos y por debajo de 10 ufc/g para hongos y levaduras estos recuentos microbianos pueden considerarse bajos. Según Flores (1994), los recuentos microbianos para frutas pueden ubicarse alrededor de 10^7 ufc/g si no se aplican adecuadas prácticas de manejo postcosecha. Por lo antes expuesto se debe aplicar prácticas de manufacturas en el procesamiento de la fruta que contribuyan a minimizar el crecimiento microbiano.

Cuadro 5.- Características microbiológicas del cambur manzano

Determinación	Valor promedio	Desviación Estándar
Aerobios mesófilos	7×10^2	0,25
Hongos y levaduras	< 10	0,3

CONCLUSION

El cambur “Manzano”, del Sector Mango Redondo es una fruta rica es carbohidratos, con bajo contenido de calcio y vitamina C, con una alta humedad y actividad de agua y bajos recuentos microbianos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGREVO, 2007. Consultado en Agosto del 2008 Importancia de los Plátanos y Cambures en Venezuela. Disponible en: http://www.resnet.net/agrevo/02b05_cont.html
- AGRINOVA. C.A. J 30905997-1 agricultura e innovación, 2008. Consultado en Agosto del 2008. Disponible en: <http://www.agrinova.com.ve/content/view/39/49/84>.
- AOAC-Oficial Methods of Analisis of the Association of Oficial Analytical Chemists. 1990. Editada por Kenneth Heldrich, 15ª edición, Virginia-USA.
- Flores A., 1994. Manejo Postcosecha de frutas y hortalizas en Venezuela. Experiencias y Recomendaciones. UNELLEZ. San Carlos, Venezuela.
- García T. (2000). Optimización de la maduración de cambur cv Manzano para uso industrial aplicando Metodología de Superficie de Respuesta Tesis de grado UNELLEZ
- Instituto Nacional de Nutrición (INN). 2001. Tabla de Composición de Alimentos. Caracas. Venezuela. Normas Venezolanas COVENIN N° 1158. 1982. Determinación del Contenido de Calcio.

Normas Venezolanas COVENIN N° 1553. 1980.
Determinación del contenido de humedad.

Normas Venezolanas COVENIN N°
1315, 1979. Determinación de pH (acidez iónica)

Normas Venezolanas COVENIN N° 1337. 1990.
Hongos y Levaduras.

Normas Venezolanas COVENIN N° 1769. 1981.
Acidez Titulable.

Normas Venezolanas COVENIN N° 902. 1987.
Aerobios Mesófilos.

Unidad de Estadística del Ministerio de
Agricultura y Tierras del estado Cojedes
(UEMAT Cojedes). 2006. Producción agrícola
del Estado Cojedes. San Carlos Cojedes.
Venezuela.

Villalonga A. 1981. Caracterización físico-química
en algunas variedades de Banana. Rev. Fac.
Agron. Maracay. XII (1-2):95-107.

**COMPOSICIÓN FÍSICO-QUÍMICA Y NUTRICIONAL DEL FRUTO DE
MAMONCILLO (*Melicoccus bijugatus Jacq.*) SEGÚN SU UBICACIÓN EN EL ÁRBOL.**

**PHYSICO-CHEMICAL AND NUTRITIONAL COMPOSITION OF MAMMON
FRUIT (*MELICOCCUS BIJUGATUS JACQ.*) ACCORDING TO ITS LOCATION IN
THE TREE.**

Hilda C. Pérez C¹, Manuel Gómez P² y Josefina Vila²

¹Departamento de Ecología y Control de Calidad, Universidad Centrocidental Lisandro Alvarado (UCLA) Venezuela.

²Departamento de Ingeniería Agrícola Forestal. Universidad de Valladolid España. E-mail: *pisballe@yahoo.com*.

Recibido: 10-10-2008 / Aceptado: 31-03-2009

RESUMEN

El objetivo de esta investigación consistió en caracterizar físico-química y nutricionalmente el fruto de mamoncillo. Los frutos fueron cosechados según su posición en el árbol, de la siguiente manera: frutos ubicados en la parte superior o copa, parte media y parte inferior. A los frutos cosechados sin destruir, se le realizaron mediciones físicas: masa promedio, diámetro polar, diámetro ecuatorial y color de la cáscara en sus indicadores L, a y b. A pulpa de fruta se le realizaron evaluaciones químicas y nutricionales: sólidos solubles totales (ss), pH, acidez titulable, azúcares reductores y totales, proteínas, fibra bruta, grasas y carbohidratos totales. Se concluyó que los frutos con mayor masa, diámetro polar y ecuatorial fueron los ubicados en la parte superior e inferior del árbol, mientras que para el color los frutos presentaron el mismo nivel de color verde y luminosidad. El fruto integral de mamoncillo tiene un contenido importante de nutrientes: proteína, grasa, fibra bruta y carbohidratos totales, necesarios en la alimentación humana. Igualmente, hubo diferencias considerables en el nivel de estos constituyentes nutricionales, según su ubicación en el árbol, en cada una de las partes que constituyen el fruto: cáscara, pulpa, arilo y semilla.

Palabras clave: *Pulpa, masa promedio, color.*

SUMMARY

Research project aims at establishing the physico-chemical and nutritional features of Mammon. Fruit samples were cropped according to their location on the tree in the following manner: those located high above, middle and lower section. Unbroken cropped samples were subjected to physical analysis, noting average weight, polar and equatorial diameter and rind color employing indicators L, a and b. The pulp of broken samples was physically and nutritionally evaluated, i.e., establishing total soluble solids, pH, acidity, reductor and total sugars, protein, raw fiber, fat and total hydrocarbons. It was determined that samples with greater weight and polar and equatorial diameter came from the higher and lower section of tree; concerning color, all samples showed the same green hue and luminosity. Whole mammon bears important contents of nutrients, such as protein, fat, raw fiber and total hydrocarbons suitable for nourishment of human being. In the same manner, important differences were found at the level of nutritional constituents according to their location on the tree at every component of fruit, namely, rind, pulp, arilo and seed.

Key words: *Pulp, average weigh,- color.*

INTRODUCCION

El mamoncillo (*Melicoccus bijugatus* L), también conocido como mamón en Venezuela, quenepa, genip, lime spanish, entre otros, es un frutal perteneciente a la familia *sapindaceae*, género *melicoccus*. Es originario de América Tropical y según Morton (1987) y Hoyos (1994), se ha cultivado y naturalizado a través de Centro y Sur América así como en las Antillas. En Venezuela según Avilan *et al.*, (1989), el árbol de mamoncillo crece hasta los mil metro sobre el nivel del mar. Es abundante en toda la zona cálida, se cultiva de manera semi-silvestre, se propaga por semillas. El beneficio principal que proporciona el mamoncillo es la fruta que produce, cuyo sabor es agrídulce. Esta se usa para la preparación de jugos, bebidas alcohólicas y jaleas, Martin *et al.* (1987., Romero 1961). Las semillas se comen también tostadas; éste alimento es importante para los indígenas sudamericanos de la región del Orinoco, que lo consumen cuando hay escasez del cazabe Pérez (1978).

Respecto a las características nutricionales, Jackson (1967) encontró una serie de características referidas al alto contenido de vitaminas como riboflavina, tiamina, niacina, ácido ascórbico y minerales como calcio, fósforo y hierro. Vélez y De Vélez (1990), reportaron un alto contenido de carbohidratos en el fruto de mamoncillo (17%), así como de vitamina C (120mg/1000g).

A pesar de que es un frutal aprovechable en todas sus partes, los estudios sobre el fruto de mamoncillo, reportados por la literatura son escasos (Martin y Campbell, 1987., Romero 1961., Jackson, 1967., Vélez y De Vélez). El fruto de litchi (*Litchi chinensis* Sonn.) también perteneciente a la familia *sapindaceae*, con parecido al mamoncillo, es un fruto que ha sido muy estudiado y explotado a nivel industrial, el cual posee excelentes características de

calidad nutricional (Ajay *et al.*, 1987). El mamoncillo también posee contenidos importantes de elementos nutricionales comparándolo con otras frutas de consumo y explotadas en la industria. Resulta interesante indagar su conocimiento, puesto que la información acerca de las características de calidad que constituyen el fruto de mamoncillo es interesante y de gran importancia para ganaderos, agrónomos, nutricionistas, agroindustriales y otros.

Los nutrientes encontrados para el mamoncillo en la literatura consultada lo constituyen en un fruto interesante a estudiar a fin de indagar sus bondades físicas, químicas y nutricionales, con miras a ser explotado industrialmente. En Venezuela este fruto se desarrolla espontáneamente, y es objeto de poca investigación. El estudio de las propiedades nutricionales de este fruto, su manejo, domesticación, industrialización y valoración, y el estudio de las características físico-químicas constituyen el objetivo de esta investigación.

METODOLOGÍA

Materiales y Métodos: Se utilizaron frutos de mamoncillo de plantas que crecen de manera natural en el caserío Guajirita ubicado en el Municipio Morán de El Tocuyo Estado Lara, los cuales fueron cosechados según la ubicación de éstos en el árbol: parte superior, media e inferior, obteniéndose de esta manera tres grupos. Posteriormente fueron trasladados al laboratorio de Control de Calidad de los Alimentos de la Universidad Centroccidental "Lisandro Alvarado".

Análisis físicos realizados a frutos sin destruir. Para el estudio de las características físicas: color de la cáscara, masa, diámetros polar y ecuatorial, se realizó una selección de veinticinco frutos cosechados por cada parte del árbol, para un total de 75 frutos.

Color: El color de la epidermis de los frutos se determinó mediante un colorímetro Hunter Lab, en el sistema de color **L, a, b**, donde **L** es luminosidad, **a** corresponde a los colores que van del rojo al verde y **b**, a los colores que van del amarillo al azul, calibrado con un plato color blanco y luego uno negro, cada

lectura de color fue realizada sobre tres puntos centrales de la superficie en el plano ecuatorial de cada uno de los frutos. **Peso:** Cada fruto fue pesado en una balanza analítica Marca Company, Limited Modelo & D de 210g de capacidad. **Dimensiones Físicas: Diámetro Polar y Diámetro Ecuatorial:** A cada unidad experimental (75 frutos), se le realizaron medidas de diámetro polar desde la base al ápice del fruto y el diámetro ecuatorial en el centro de la región ecuatorial utilizando un vernier digital.

Análisis químicos realizados a frutos destruidos.

Proporción de los componentes del fruto: Una vez pesados veinticinco (25) frutos de mamoncillo para cada parte del árbol, se separaron la cáscara, pulpa y semilla y se pesaron nuevamente para calcular el porcentaje de contribución de cada uno. De acuerdo a lo sugerido (Ajay *et al.*, 1987) en frutos de litchi. **pH:** La determinación de pH se realizó con un potenciómetro marca ORIÓN modelo 520 A, sumergiendo el electrodo de vidrio en la muestra y tomando la lectura correspondiente (AOAC, 2000). **Acidez titulable:** Se determinó por titulación con NaOH 0.1 N hasta un punto final de pH=8.1 con el potenciómetro, calculando los resultados como porcentaje de ácido cítrico. AOAC (2000). **Sólidos solubles totales (SST):** Se determinó usando un refractómetro ABBE Baush and Lomb, según metodología indicada en AOAC (2000) y expresados como Grados Brix (°Brix). **Azúcares:** Los azúcares reductores y totales, fueron determinados mediante el método de Fehling. Este método fue utilizado por Vendramini *et al.* (2000).

Análisis Nutricionales del Fruto de Mamoncillo:

Proteínas: Se determinó utilizando el método de Kjeldahl, según metodología descrita en AOAC (2000). Fue calculada por multiplicación del contenido de nitrógeno con un factor de 6,25. **Fibra Bruta:** Esta se realizó por la metodología descrita en AOAC (2000). **Grasa:** Se determinó usando éter de petróleo con un aparato de soxhlet. Esta metodología fue utilizada por Chau *et al.* (2004). **Carbohidratos Totales:** El total de carbohidratos se determinó diferencialmente, metodología que fue usada en frutos de litchi por Ajay *et al.* (1987).

Análisis Estadístico: Para el análisis estadístico se usó un análisis de varianza ANOVA de dos factores. Las principales comparaciones se establecieron utilizando un test Duncan.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis de la Proporción de los Componentes del Fruto de Mamoncillo:

Cuadro 1. Proporción de los Componentes del Fruto de Mamoncillo, según su Ubicación en el Árbol.

Rasgos	Ubicación del Fruto en el Árbol			Promedio
	Parte Superior	Parte Media	Parte Inferior	
% Porción comestible (pulpa)	31,52	35,23	32,78	33,17
% Semilla	44,52	41,76	41,34	42,54
% Cáscara	23,95	23,01	25,86	24,27

La gama de valores promedios en la proporción de los componentes del fruto de mamoncillo fue la siguiente: 33,17% de porción comestible (pulpa), 42,54% de semilla, 24,27 % de concha o cáscara (tabla 1). Los porcentajes de pulpa, semilla y concha mostraron una diferencia entre los frutos, según su ubicación en el árbol; siendo el mayor valor en cáscara de 25,86% para los frutos ubicados en la parte inferior del árbol, mientras que el porcentaje de pulpa fue más bajo para los frutos ubicados en la parte superior y el mayor porcentaje (35,23) para los frutos de la parte media. Con respecto a la contribución de semilla, la mayor proporción (44,52%) se obtuvo en los frutos de la parte superior del árbol y el menor porcentaje (41,34) en frutos ubicados en la parte inferior del árbol.

Estos resultados difieren con los encontrados por Ajay *et al.* (1987), en frutos de litchi, fruto muy parecido al mamoncillo y también perteneciente a la familia sapindaceae, cuyos valores en proporción comestible oscilaron entre 61,7 - 84,4%, en semilla 3,3 - 26,1% y de concha 12,2 - 19,5%. Igualmente son diferentes en cuanto a pulpa y semilla con los porcentajes encontrados por Rivera *et al.* (1999) en frutos de litchi, quienes obtuvieron 24,5% en concha, 61,0% en pulpa y 14,5 en semilla.

La proporción obtenida de los componentes del fruto de mamoncillo tiene bondades para ser explotado industrialmente, tal como ocurre con el litchi, fruto que es ampliamente explotado a nivel agroindustrial.

Análisis de las Características Físicas del Fruto de Mamoncillo:

En el análisis de las características físicas del fruto de mamoncillo, se observó que la ubicación de los frutos en el árbol produjo efecto significativo en éstas variables, puesto que los resultados de la significación fueron menores a 0,05.

Cuadro 2. Características Físicas Iniciales del Fruto de Mamoncillo (*Melicoccus bijugatus* Jacq.) Según su Ubicación en el Árbol.

Ubicación de los Frutos en el Árbol	PESO(g)	DP(mm)	DE(mm)	L	a	b
Parte Superior	19,03a	34,56ab	30,14a	26,82a	-2,57a	5,84a
Parte Media	16,79b	33,33b	29,24b	27,31a	-2,91a	6,05a
Parte Inferior	18,16a	34,76a	29,63ab	26,20a	-2,38a	5,09a

DP: Diámetro Polar / DE: Diámetro Ecuatorial

El cuadro 2 muestra las características físicas del fruto de mamoncillo sin procesar, en ésta se reporta que en peso, los frutos ubicados en la parte superior tienen tendencia a ser mayores e iguales estadísticamente a los de la parte inferior del árbol. El promedio de los frutos osciló entre 16,79 y 19,02 gramos, los cuales se encuentran dentro de los rangos promedios 9,35 a 21,92g para mamoncillo en Puerto Rico, reportados por Jackson (1967), mientras que para el fruto de litchi, Ajay *et al.* (1987), Galán (1990) y Rivera *et al.* (1999), reportaron valores de 6,8 a 21,2g; 19g y 22,41g, respectivamente.

De acuerdo a la prueba de rango múltiple de Duncan, tanto el diámetro polar como ecuatorial de los frutos, mostraron diferencias significativas según su ubicación en el árbol. El diámetro ecuatorial promedio estuvo entre 29,24 y 30,14 mm, similares con los valores 20 a 30mm encontrados por Avilan *et*

al. (1989), mientras que comparado con lo publicado para el litchi por Galán (1990), Rivera *et al.* (1999) y Nacif *et al.* (2001), quienes reportaron para diámetro ecuatorial 30 a 40mm; 32,2 mm y 50 mm respectivamente, es menor; al igual que el diámetro polar, puesto que los valores de éste para el fruto de mamoncillo osciló entre 33,33 y 34,76 mm y para el litchi 38,1 y 40 mm respectivamente, según lo publicado por Rivera *et al.* (1999) y Nacif *et al.* (2001).

Para el diámetro polar, se evidencian diferencias significativas en los frutos ubicados en la parte media e inferior del árbol, mas no así para los frutos de la parte superior, los cuales mostraron diferencias poco significativa respecto a los frutos ubicados en la parte media e inferior del árbol (cuadro 2). El mayor valor de diámetro polar (34,76 mm), se obtuvo en los frutos ubicados en la parte inferior del árbol, y el menor valor (33,33 mm), para los frutos ubicados en la parte media. En diámetro ecuatorial, los frutos ubicados en la parte media inferior del árbol no mostraron diferencias estadísticas en cuanto a esta variable. El mayor valor se registró en los frutos ubicados en la parte superior del árbol (30,14 mm), el cual se diferencia significativamente de los frutos ubicados en las partes media e inferior del árbol.

Con respecto al color inicial del mamoncillo, representados por los indicadores **L**, **a** y **b**, no es afectado por la ubicación de los frutos en el árbol, puesto que como se observa en la tabla 3, en cada indicador los frutos en los tres grupos según su ubicación en el árbol son iguales estadísticamente según la prueba de rango de Duncan, es decir, que los frutos poseen el mismo nivel de color verde y luminosidad.

Análisis de las Características Químicas del Fruto de Mamoncillo:

Según el estudio de varianza la ubicación de los frutos en el árbol produjo efecto significativo sobre las variables químicas, tal como lo reveló el grado de significación menor a 0,05.

En el cuadro 3 se representan los contenidos iniciales para: Sólidos solubles totales, cuyos valores son iguales estadísticamente según la prueba de

Duncan para los frutos ubicados en la parte media e inferior del árbol, siendo los frutos de la parte superior los que tienen tendencia a ser de menor valor (18,49 °brix). Para el pH existen diferencias significativas entre los tres grupos, siendo mayor para los frutos ubicados la parte inferior y menor para los de la parte superior. Con respecto a la acidez titulable, no existen diferencias en los frutos a este respecto, según su ubicación en el árbol. Los valores de azúcares reductores son mayores e iguales estadísticamente en los frutos de la parte superior e inferior del árbol. En los azúcares totales se observan diferencias significativas entre los tres grupos, reportando mayor valor los frutos ubicados en la parte superior del árbol.

Cuadro 3. Características Químicas Iniciales del Fruto de Mamoncillo (*Melicoccus bijugatus Jacq.*) Según su Ubicación en el Árbol.

Ubicación De Los Frutos En El Árbol	SST (°Brix)	pH	Acidez (%ácitrnico)	AR (%glucosa)	AT (%glucosa)
Parte Superior	18,4933b	2,9967c	1,000a	8,7670a	13,8827a
Parte Media	18,5467a	3,0167b	0,9967a	8,3270b	13,3467c
Parte Inferior	18,5433a	3,0367a	0,9967a	8,7660a	13,7567b

SST: Sólidos Solubles Totales / AR: Azúcares Reductores / AT: Azúcares Totales

Análisis de las Características Nutricionales del Fruto de Mamoncillo:

Se realizó el estudio de varianza a un nivel de confianza del 95%, de la variable independiente: ubicación de los frutos en el árbol sobre las variables dependientes: proteínas, fibra, grasa y carbohidratos para cada una de las partes que conforman el fruto de mamoncillo: cáscara, pulpa, arilo y semilla. A este respecto se observa se obtuvo que la ubicación de los frutos en el árbol produjo efecto significativo, ($p \leq 0,05$), en todas las características nutricionales para cada una de las partes del fruto, excepto en proteínas para la pulpa y grasa en arilo y semilla, cuya significación es mayor a 0,05.

En el cuadro 4 se observa que para la pulpa no hubo diferencia en los frutos según su ubicación en el árbol respecto al porcentaje de proteínas, así como

tampoco en el contenido de fibra para los frutos ubicados en la parte superior y media. Se observa una tendencia a que el mayor valor de grasa y fibra están en los frutos ubicados en parte superior del árbol, mientras que para proteínas y carbohidratos el mayor porcentaje se obtuvo en los frutos ubicados en la parte media. Los frutos son significativamente diferentes en cuanto al contenido grasa y carbohidratos ($p \geq 0,05$).

En la cáscara, los frutos presentan diferencias significativas en todos los constituyentes nutricionales estudiados, excepto en el porcentaje de grasa, donde no existe diferencias para los frutos de la parte superior e inferior. Igualmente se observa en la tabla 4, que el mayor valor en el porcentaje de proteínas y carbohidratos se registran en los frutos ubicados en la parte media del árbol; mientras que en fibra, el mayor contenido está en los frutos de la parte superior (9,64%).

Cuadro 4. Características Nutricionales del Fruto Integral de Mamoncillo (*Melicoccus bijugatus Jacq.*) Según su Ubicación en el Árbol.

Características	Ubicación de los Frutos del Árbol		
	Parte superior	Parte media	Parte inferior
Cáscara			
%Proteína	3,040b	3,1433a	2,970c
%Grasa	0,767a	0,367b	0,800a
%Fibra	9,64a	8,3367c	9,24b
%Carbohidratos	20,96b	21,84a	20,41c
Pulpa			
%Proteína	0,68a	0,70a	0,68a
%Grasa	0,640a	0,200b	0,110c
%Fibra	0,52a	0,50a	0,45c
%Carbohidratos	17,83c	21,07a	17,93b
Arilo			
%Proteína	3,1900c	3,3900a	3,3500b
%Grasa	0,0800a	0,0800a	0,0800a
%Fibra	26,800c	28,030a	27,590b
%Carbohidratos	44,370a	44,080b	43,070c
Semilla			
%Proteína	4,8900a	4,7000b	4,6800b
%Grasa	0,2600a	0,2500a	0,2500a
%Fibra	1,4500b	1,2200c	1,6200a
%Carbohidratos	39,620c	40,770a	40,000b

El mayor valor en contenido de proteínas para arilo (3,39%) se registró en los frutos ubicados en la parte media del árbol, y para semilla (4,89%) en los frutos ubicados en la parte superior. Estadísticamente, los frutos según su ubicación en el árbol, son iguales con respecto al contenido de grasas en arilo y semilla, mientras que para el porcentaje de proteínas en semilla, no se observan diferencias estadísticas a este respecto en los frutos ubicados en la parte media e inferior del árbol. El cuadro 4 indica que para fibra, en el arilo y semilla, los más altos porcentajes se obtuvieron en los frutos ubicados en la parte media e inferior del árbol respectivamente. Los frutos de la parte superior fueron los que reportaron mayor porcentaje de carbohidratos en el arilo y en semilla fue en frutos ubicados en la parte media del árbol.

Los valores nutricionales encontrados en esta investigación son menores en el contenido de proteínas y fibra, pero mayores en el contenido de grasa y carbohidratos, respecto a los encontrados para este fruto por Romero (1961). El análisis de la pulpa de la fruta en Colombia, reveló que contiene 1 por ciento de proteína, 0,2 por ciento de grasa, 19 por ciento de carbohidratos, 2 por ciento de fibra. Igualmente, Liogier (1978) encontró en otros análisis de la pulpa de la fruta, 2 por ciento en contenido de fibra.

Velez y De Velez. (1990), registraron un 17% en carbohidratos para mamoncillo, valor inferior al conseguido en esta investigación cuyo porcentaje oscila entre 17,81 - 21,07. Morton (1987), publicó para este fruto en 100g de pulpa, 0,50 - 1g de proteínas, grasa 0,08 - 0,2g, carbohidratos 13,5-19,2g, fibra 0,07 - 2,60g.

Por otro lado, el porcentaje de proteínas obtenido en este estudio difiere de los reportados por Ajay *et al.* (1987) en pulpa de frutos de litchi, mientras que en grasas y carbohidratos son similares puesto que dicho autor reporta un contenido proteico que fluctuó entre 1,12 y 1,20 por ciento, materia grasa 0,21 - 0,35% y carbohidratos 16,06 - 17,9%. Los valores de proteínas de este estudio, son mayores a los encontrados en otros frutos tropicales, tales como acerola con un porcentaje de 0,09, reportado por Vendramini *et al.* (2000) y parcha con 8,25g/100g, publicado por Chau

et al. (2004).

CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos, el fruto de mamoncillo tiene porciones de pulpa, semilla y cáscara en proporciones aceptables para su aprovechamiento agroindustrial. Respecto al color inicial de la cáscara, los frutos presentaron el mismo nivel de color verde y luminosidad en las tres partes del árbol. En cuanto al peso y dimensiones físicas, los frutos ubicados en la parte superior del árbol mostraron mayor peso y diámetro ecuatorial, mientras que para el diámetro polar se observó en los frutos ubicados en la parte inferior del árbol.

Los valores de las características químicas mostraron que no hubo diferencia estadística entre los frutos ubicados en la parte media e inferior del árbol en cuanto a sólidos solubles totales. La mayor cantidad de azúcares reductores y totales se obtuvieron en los frutos ubicados en la parte superior del árbol. En relación a las características nutricionales del fruto, se concluyó que los frutos de mamoncillo contienen altos contenidos de estos nutrientes tan importantes en la dieta alimenticia.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ajay Singh, Abidi AB, Srivastana, S. 1987. Variation in Quality Traits of Litchi (*Litchi chinensis* Sonn.) Cultivars, J. Food Sci tech 24: 264-266.
- A.O.A.C. 2000. Official Method of Analysis of the Association of Agricultural Chemist. 14th Edition. Washington D.C.
- Avilán, L., Leal, F y Bautista, D. 1989. *Manual de fruticultura*. Editorial América.
- Chau, C. F. and Huang, Y. L. 2004. *Characterization of Passion Fruit Seed Fibres a Potential Fibre Source*. Food Chem. 85: 189-194.

- Galán, V. 1990. Litchi and Logan. Frutales en los Subtrópicos. México: Editorial Mundiprensa. pp 95-133.
- Hoyos, J. 1994. *Los Arboles de Caracas*. Sociedad de Ciencias Naturales La Salle. Caracas Monografía N° 24.
- Jackson, G.C. 1967. Promising Selection of Honeyberry (*Melicoccus bijugatus L*) from Puerto Rico. The Journal of Agriculture of University of Puerto Rico. 51(1).
- Liogier, A. H. 1978. *Árboles Dominicanos*. Santo Domingo, República Dominicana: Academia de Ciencias de la República Dominicana.
- Martin, F.; Campbell, C. 1987. Perennial Edible Fruits of the Tropics. Agric. Handb. 642. Washington, DC: U.S: Department of Agriculture.
- Morton, Julia F. 1987, Fruits of Warm Climates. Published by Julia Morton. Miami, Florida, EUA.
- Nacif, S., Sartori, A., y Chamhum, L. 2001. Morphological and Anatomical Development of the Litchi Fruit (*Litchi chinensis Sonn.*) cv. Brewster. *Fruits.*, 56(4)226.
- Pérez, E. 1978. *Plantas Útiles de Colombia*. Bogotá, Colombia: Litografía Arco.
- Rivera, J., Ordorica, C., y Wesche, P. 1999. Changes in Anthocyanin Concentration in Lychee (*Litchi chinensis Sonn.*) Pericarp During Maturation. *Food Chem.* 65: 195-200.
- Romero, R. 1961. *Frutas Silvestres de Colombia*. Bogotá, Colombia: Editorial San Juan Eudes. Vol. 1.
- Vendramini, A. and Trugo, L. 2000. Chemical Composition of Acerola Fruit (*Malpighia punifolia L.*) at Three Stages of Maturity. *Food Chem.* 71: 195-198.
- Vélez, F. y De Vélez, G. 1990. *Plantas Alimenticias de Venezuela*. Fundación Bigot. Monografía N° 37. p.131.

COMPLEMENTACIÓN DE PROTEÍNAS DE FRIJOL (*Vigna sinensis*) CON CEREALES

SUPPLEMENTAL OF PROTEIN BEAN (*Vigna sinensis*) WITH CEREALS

Marisa Guerra, Alexia Torres y Marisela Granito

Departamento de Tecnología de Procesos Biológicos y Bioquímicos. Edificio de Química y Procesos. 1 er piso. Universidad Simón Bolívar. Apartado 89000. Baruta, Caracas 1080-A, Venezuela. Teléfono 58-212-9063976. Fax 58-212-9063971. Correo electrónico: *mguerra@usb.ve, aitorres@usb.ve, mgranito@usb.ve,*

Recibido: 15-11-2008 / Aceptado: 20-03-2009

RESUMEN

Las leguminosas y los cereales complementan mutuamente sus deficiencias en los aminoácidos azufrados y lisina respectivamente, siendo *Vigna Sinensis* (frijol blanco) una de las leguminosas más adecuadas por su contenido protéico, color claro y suave palatabilidad. El objetivo de este trabajo fue complementar frijol *Vigna Sinensis* con arroz, maíz, trigo y sorgo o sus productos, para evaluar la calidad de la proteína de mezclas en diferentes proporciones. Se prepararon harinas de frijoles cocidos y deshidratados en secador de rodillos, con estas se hicieron las combinaciones del 10%, 20% al 30% del frijol con las harinas de maíz precocido, arepas, pastas, pan, arroz y sorgo. En las harinas de frijoles se hicieron determinaciones de humedad, proteínas, grasas, cenizas, fibra dietética y digestibilidad. Además, en el frijol y en las mezclas se evaluó la relación de eficiencia proteica (PER) y la digestibilidad in vivo, y en algunas el valor proteico como NDpCal %. El contenido de proteína de las harinas de frijol fue de 23,5% las cuales presentaron una digestibilidad de 74% y un PER de 2,3. En las mezclas la proteína fue de 10,5 % a 15,75% y el PER se encontró en el rango de 2,0 a 2,6. El valor proteico superior a 8, indicó que con bajo contenido de frijol, si la energía es suficiente hay un máximo complemento de la proteína. Se concluye que el frijol blanco es una buena fuente de proteína, que mezclado en proporción de 20% a 30% con algunos cereales como el arroz o sorgo o alimentos derivados de cereales (arepas, pastas, panes) de mayor consumo en el País puede resultar de alta calidad biológica.

Palabras clave: *frijoles, cereales, complementación, calidad protéica*

SUMMARY

Legumes and cereals complement each other's deficiencies in sulfur amino acids and lysine respectively, and *Vigna Sinensis* (white beans), one of the most suitable legumes for their protein content, light color and soft palatable. The aim of this work was to complement *Vigna Sinensis* beans with rice, corn, wheat and sorghum and their products, to assess the quality of protein mixtures in different proportions. Bean meal were prepared and cooked dried beans in a roller dryer, with these combinations were made of 10%, 20% to 30% of the beans with the pre-cooked corn flour, corn bread (arepas), pasta, bread, rice and sorghum. In bean meal determinations of moisture, protein, fat, ash, fiber and digestibility were made. Moreover, in the beans and the mixture was evaluated protein efficiency ratio (PER) and digestibility in vivo, and in some others the protein value as NDpCal%. Protein content of bean flour was 23.5% which showed a digestibility of 74% and a PER of 2.3. Protein in the mixtures was 10.5% to 15.75% and PER was found in the range of 2.0 to 2.6. The protein value greater than 8 indicated that low-bean, if there is sufficient energy is a maximum complement of protein. We conclude that white beans are a good source of protein, which mixed in proportion of 20% to 30% in some cereals such as rice or sorghum or foods derived from cereals (arepas, pastas, breads) with the highest consumption in the country can be of high biological quality.

Key words: *beans, cereals, complementation, protein quality*

INTRODUCCION

En todas las culturas y por miles de años se han consumido granos de leguminosas por su elevado valor nutritivo, bajo costo y facilidad de preparación. Son alimentos importantes, particularmente en países en vías de desarrollo o subdesarrollados, donde ellas representan una importante fuente proteica (Stocks, 1999).

En varios pueblos de Sur América, el consumo promedio de leguminosas es aproximadamente 25g/persona, lo que representa entre el 10% y 15% de las proteínas de la dieta. Adicionalmente, las leguminosas aportan carbohidratos complejos, especialmente almidón, fibra y vitaminas pertenecientes al grupo B, minerales, como potasio, fósforo, magnesio, zinc y en especial hierro y calcio (Anderson *et al.*, 1999). En Venezuela las leguminosas contribuyen con casi 6% de los requerimientos de proteína (Granito y *et al.* 2005) y pueden ser una fuente alternativa de proteína en la formulación de alimentos para animales (Olivares y Fernández, 2008).

El frijol (*Vigna sinensis*) al igual que otras leguminosas, es una excelente fuente de proteínas (20-40%), carbohidratos (50-60%) y otros nutrientes como tiamina, niacina, calcio y hierro. Así mismo, sus proteínas son ricas en aminoácidos como el ácido glutámico, ácido aspártico y lisina. La metionina es el principal aminoácido limitante en las proteínas del frijol (Champ, 2001). Últimamente algunos investigadores han indicado que las leguminosas contienen antioxidantes como: tocofenoles, vitamina C, carotenoides y compuestos fenólicos que previenen diversas enfermedades y mejoran la salud, de ahí que recomienden su consumo (Onylagha *et al.*, 2009).

La suplementación o complementación es la combinación de dos o más fuentes de proteínas generalmente de origen vegetal, en determinadas

proporciones para obtener una composición de aminoácidos en la mezcla que sea semejante a la del patrón estándar de la Organización Mundial de la Salud (WHO, 1998). En la práctica, uno de los componentes más importantes de estas mezclas es un cereal y generalmente se suplementan con leguminosas u oleaginosas.

Las leguminosas por su alto contenido de proteínas, no solo complementan la calidad de las proteínas de los cereales sino que pueden aumentar la cantidad (Granito *et al.*, 2003).

Desde hace mucho tiempo se han realizado varias investigaciones principalmente en Centro América y México, sobre la complementación de las leguminosas con maíz para mejorar la calidad de las tortillas (Elías y Bressani, 1972). En Venezuela al igual que en Brasil, la complementación habitual se da por el consumo de *Phaseolus vulgaris* con arroz blanco, pero la complementación de frijol (*Vigna sinensis*) con otros cereales prácticamente no ha sido estudiada (Guerra *et al.*, 2008). En consecuencia, el objetivo de esta investigación fue complementar el frijol (*Vigna sinensis*) en varias proporciones, empleando diferentes cereales para conocer la calidad de la proteína de las mezclas elaboradas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las muestras de frijol (*Vigna sinensis*) blanco (variedad orituco) fueron suministradas por el Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias (CENIAP, Maracay) y los cereales (harinas precocidas de maíz, pan, arroz y pastas) fueron adquiridas en un supermercado local de la ciudad de Caracas.

Preparación de las harinas

La harina de frijol cocida se obtuvo previo remojo y posterior cocción en autoclave Autotester-E a 121°C por 15min y a 15 lb/plg² de presión. A continuación se preparó una pulpa con 39% de sólidos totales en un homogenizador Sinclair-Scott, la cual se secó a presión atmosférica en un secador de doble tambor Venflovalk bajo presión de vapor (50lb/plg²), con espacio de separación entre tambores de 8,8plg. Finalmente se molió en un molino Wiley Thomas, modelo N° 4, usando un tamiz de 0,5mm.

Preparación de las mezclas de frijoles con los cereales

Para la preparación de las mezclas frijol-cereal se hizo una premezcla seca con las harinas de maíz precocido, arroz blanco (cocinado, secado en bandeja a 60°C y molido), sorgo blanco (preparado por cocción, deshidratado y molido según las condiciones de Díaz 1985) y pan tipo canilla (deshidratado a temperatura ambiente y molido). Las pastas de trigo durum (largas) utilizadas fueron cocidas *al dente*, secadas a temperatura ambiente y molidas. Las arepas fueron preparadas según la forma tradicional de amasado con agua, moldeadas a mano y horneadas, después de enfriadas fueron cortadas en pedazos pequeños, secadas a temperatura ambiente y molidas. Todas las muestras fueron molidas en un molino Wiley Thomas modelo N°4, usando tamices de 0,5mm a 1,0mm. Las proporciones de las mezclas fueron de 10% a 30% de harina de frijol cocido con las harinas de los cereales.

Evaluación de las harinas de frijoles y las mezclas cereal-frijol

Se determinó humedad, proteína, cenizas, grasa cruda y fibra dietética total de acuerdo a los métodos oficiales de AOAC (1990). El contenido de fibra dietética total se realizó por el método de Prosky *et al.* (1992) y los carbohidratos por diferencia. Se midió la calidad biológica a través de la relación de eficiencia proteica (PER) y la digestibilidad *in vivo*. Para ello se usaron 6 ratas, 3 machos y 3 hembras Sprague Dawley de 21 días de nacidas con pesos entre 35 y 42g. El período de experimentación fue de 21 a 28 días, con registros interdiarios del peso de los animales y alimento consumido por cada animal. Para la digestibilidad *in vivo* se usó el método de recolección de heces de Allison (1965) y se determinó el contenido de N por el método de microKjeldahl (AOAC, 1990).

El cálculo de la proporción de energía derivada de la proteína (NDpCal %), el contenido energético total y la relación proteína /energía, como expresión del valor proteico fue determinado mediante un nomograma por el método de Tagle (1980). El valor energético fue calculado, considerando un aporte de 4Kcal/g para carbohidratos y proteínas, 2Kcal/g para

la fibra dietética y 9Kcal/g para los lípidos, y la composición porcentual de cada uno de ellos. Todos los análisis se realizaron por triplicado.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las leguminosas son fuente importante de lisina, aminoácido esencial, lo cual les confiere la capacidad de suplementar al maíz, arroz y otros cereales, deficientes en lisina, pero ricos en otros aminoácidos importantes, como metionina y cistina (González y Ballesteros, 1998), que son los que limitan la calidad de las proteínas de *Vigna sinensis*, la leguminosa seleccionada para este trabajo debido a que tiene un color claro, que afecta muy poco el color característico de los cereales con los que se realizó el estudio y donde combinaciones adecuadas, pueden resultar en un mejor balance aminoácido. En la Tabla 1 se observa la composición de la harina de frijol deshidratada, con un valor de carbohidratos y proteínas que representan casi el 80% de los componentes. Estos valores son ligeramente inferiores a los reportados por Granito *et al.* (2004), pero están dentro del rango de los obtenidos por Monasterios (1980) quienes evaluaron el contenido de proteína en diferentes variedades de *Vigna sinensis*, incluyendo Orituco. El valor de proteína señalado por los autores antes mencionados oscila entre 23% y 27% para harinas de granos crudos y cocidos. El contenido de fibra total es alto, por lo que al mezclar las harinas de frijol con cereales, que generalmente se comercializan pulidos se logra un mejor beneficio desde el punto de vista fisiológico, aunque posiblemente la fibra afecta la digestibilidad, ya que se ha demostrado que tienen una relación inversa (Guerra, 2003).

Las harinas de cereales son relativamente bajas en proteínas (6% a 11%) y deficitarias en lisina (Guerra, 2003). El frijol tiene un alto contenido de proteínas (Tabla 1), las cuales además de complementar la deficiencia de lisina, mejoran el contenido proteico de las mezclas con cereales. Monasterios (1980) analizó el contenido de aminoácidos de diferentes variedades de frijol incluyendo la variedad orituco y encontró valores de lisina en un rango de 4,4 - 5,00 g/100g proteína.

Al evaluar la calidad de la proteína de los frijoles

cocidos, utilizando la relación de eficiencia proteica (PER), se obtuvieron valores de 2,3 (Tabla 1) es decir, bastante cercanos al valor de la caseína de 2,6. Esto indica que la deficiencia en azufrados es pequeña, ya que son los aminoácidos que limitan la calidad de las proteínas del frijol. Sin embargo, es importante destacar que el valor de PER encontrado, esta por debajo del rango especificado por Monasterio (1980) para *Vigna sinensis*, el cual va de 3,07 a 3,14; con un control de caseína de 3,30.

En referencia a los valores observados en la Tabla 1, es posible comentar que González y Ballesteros (1998) indican que la composición proximal de varias especies de leguminosas de Venezuela, poseen entre 15 y 38 % de proteínas, 1 a 2% de grasa, entre otros, lo cual se asemeja a lo expresado en la Tabla 1, la razón de su alto contenido nutricional se debe al hecho de que al ser *Vigna sinensis* una semilla, su contenido de agua es pequeño, lo cual le da capacidad de almacenar una gran cantidad de nutriente (Hernández y Sastre, 1999).

La digestibilidad in vivo, de la harina de frijoles se considera baja, pero dentro del rango de valores reportados en investigaciones realizadas por Toro (1977) quien obtuvo valores de digestibilidad que se encuentran en un rango entre 74% y 94%, según la variedad de leguminosa estudiada. El contenido de fibra esta dentro de los valores previamente reportados por Guerra *et al.*, (2008) para frijoles crudos, que se encuentran en un rango entre 15% y 19%, los cuales al recibir tratamiento térmico se mantiene entre 18% y 19% , indicando la presencia de fibra insoluble. Granito *et al.*, (2004), encontraron en frijoles *Vigna* un contenido de 15%, sin embargo, Kabas *et al.*, (2007) indican que el promedio en contenido de fibra de 8 variedades de *Vigna* es de 6,3%, pero posiblemente esta corresponde a fibra cruda, que es mucho menor que la dietética.

Tabla 1. Calidad nutricional de harina de frijoles (*Vigna sinensis*) cocidos deshidratados

PARAMETROS*	CONTENIDO
Proteínas (%)	23,5
Grasa (%)	1,7
Cenizas (%)	2,6
Carbohidratos (%)	48,7
Fibra dietética total (%)	16,5
PER (cocidos)	2,3
Digestibilidad (%)	74,0

* Base seca

Cuando se consumen cereales con leguminosas, estas siempre están en menor proporción, por lo que en el presente estudio la complementación es del frijol hacia los cereales, es decir, que pocas cantidades de frijol son suficientes para suplir las deficiencias de la mayoría de los cereales. En la Tabla 2 se puede observar como las mezclas de harina de maíz con frijol en una relación de 70:30 tienen la mejor calidad de proteína con un PER de 2,52 muy similar a la caseína (2,6), pero con solo 10%, ya se obtiene un aumento diez veces mayor en relación al PER de la harina precocida. Elías y Bressani (1972) hicieron muchos trabajos de complementación de proteínas de *Phaseolus vulgaris* (caraotas rojas y negras) con maíz en forma de tortillas como alimento básico de Centroamérica y México, y encontraron que entre 25% y 30% se obtenía la mejor calidad de proteínas.

El arroz tiene el mejor patrón de aminoácidos de los cereales incluidos en este estudio, ya que solo tiene el mejor valor de PER (Tabla 2) y en la proporción de 30% el PER es mayor a la caseína, lo que es posible porque la caseína puede presentar deficiencia de aminoácidos azufrados, al igual que las leguminosas, pero que están en alta proporción en el arroz (Guerra 2003). El sorgo es el cereal más parecido al maíz en la calidad de la proteína y puede sustituirlo en la preparación de masas para hacer arepas (Díaz 1983), por lo que se incluyó como una de las mezclas, sin embargo, los valores de PER son menores al mismo nivel de complementación, debido a que el tratamiento térmico disminuye el contenido de los aminoácidos azufrados del sorgo.

Al preparar arepas con harina de maíz precocida y complementarlas con 25% de frijol, se mejora la calidad de la proteína en un valor muy cercano a la caseína (Tabla 2), lo que indica que se obtienen los mismos resultados que Elías y Bressani (1972) con tortillas y *Phaseolus vulgaris* (caraotas rojas y negras). Al complementar el pan con 25 % de harina de frijol, la calidad de la proteína es ligeramente mejor que con la arepa, lo cual es posible, ya que el trigo es una buena fuente de aminoácidos azufrados. En general de los resultados de la Tabla 2, se puede indicar que en el rango de complementación estudiado, hay algunas proporciones de mezclas de cereales con frijol que elevan al máximo el valor de la proteína combinada. La relación ideal para casi todos los cereales estudiados esta entre 20 y 30% de frijol, donde se obtienen resultados de PER de por lo menos 80% el valor de la caseína, que es el valor considerado para una proteína de buena calidad.

Tabla 2. Efecto de la suplementación de cereales con frijol sobre la eficiencia proteica (PER)

MEZCLAS	PER
Harina precocida de maíz	0,16
Harina prec. maíz 90% + frijol blanco 10%	1,85
Harina prec. maíz 80% + frijol blanco 20%	2,05
Harina prec. maíz 70% + frijol blanco 30%	2,52
Arroz blanco	1,56
Arroz blanco 90% + frijol blanco 10%	2,12
Arroz blanco 80% + frijol blanco 20%	2,45
Arroz blanco 70% + frijol blanco 30%	2,70
Sorgo blanco	0,76
Sorgo blanco 80% + frijol blanco 20%	1,82
Sorgo blanco 70% + frijol blanco 30%	1,90
Arepa	0,14
Arepa 75% + frijol blanco 25%	2,48
Pan	1,40
Pan 75% + frijol blanco 25%	2,62
Frijol	2,27

Cuando se consumen cereales con frijoles en la misma comida, aumenta la calidad de la proteína a un valor superior al obtenido si se comieran por separado, ya que aunque el frijol tiene una proteína de calidad superior, esta es limitada por la deficiencia de aminoácidos azufrados, como se puede apreciar en la figura 1, donde se observa que la suplementación de frijoles con metionina, aumenta considerablemente el crecimiento en animales experimentales (ratas), en comparación con una dieta con harina de frijoles, con una mezcla de frijoles blancos (30%) y arroz cocido

(70%) que permitió un crecimiento muy bueno y ligeramente superior a la caseína. En mezclas crudas estos valores son inferiores, ya que están afectados por la menor digestibilidad y los factores antinutricionales, lo cual fue reportado por Monasterios (1980) quien encontró en harinas de frijol crudo una digestibilidad in vitro de 40,5% y en el frijol cocido valores superiores a 72%, dependiendo de la variedad. En el alimento cocido el aprovechamiento de la proteína depende de los otros acompañantes del plato, sobre todo de las necesidades de energía, ya que si éstas no son adecuadas, la proteína se metaboliza en energía.

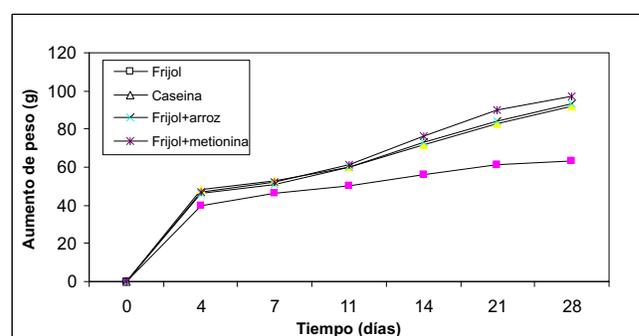


Figura 1. Crecimiento de ratas alimentadas con dietas con proteínas de frijol, frijol suplementado con metionina y con arroz, y caseína.

Cuando se determinan las proporciones adecuadas de suplementación junto con el aporte proteico, debe tomarse en consideración el valor energético. El cálculo de la proporción de energía derivada de la proteína y el contenido energético total permite mediante un nomograma obtener la expresión del valor proteico como NDpCal %, que es una forma práctica de calcular cuando el nivel de suplementación permite obtener una proteína de buena calidad y las calorías son suficientes para una óptima utilización. Los niveles de suplementación adecuada de frijoles con cereales deben dar valores de P/E superiores a 5,0 y de NDpCal% mayores de 8 para asegurar una buena calidad de la mezcla para adultos y niños mayores (FAO, 1993 y Tagle, 1980).

Si se consumen alimentos que contengan 400 g de cereales por persona por día, sería recomendable combinarla por lo menos con 60 g de frijoles. Sin embargo, si la disponibilidad de frijoles es baja, se puede considerar que una proporción de un 10 % de

frijoles sería satisfactoria para suplementar las proteínas del resto de los componentes de la comida, si el nivel de las calorías es adecuado y suponiendo que siempre cuando se preparan frijoles se condimentan y sofríen con un poco de aceite y se consumen acompañados de arroz, pastas, arepas, casabe, plátano y alguna verdura. En la Tabla 3 se muestran los resultados de mezclar una arepa o un plato de pastas con frijol en una proporción muy baja para obtener un valor de NDpCal adecuado, lo que nos indica que escogiendo alimentos con un aporte calórico razonable, se puede obtener un efecto ahorrador de proteínas. En el alimento la energía adecuada se puede lograr combinando diferentes ingredientes como la última mezcla de la Tabla 3 que corresponde a una preparación que incluye fruta y leche.

Tabla 3. Aporte de energía, proteínas y valor proteico de arepa y pastas con frijol

MEZCLAS	ENERGIA (Calorías)	PROTEÍNA (%)	NDpCal (%)
Arepa 120g + frijol 15 g	438	10,5	9,5
Pasta 100g + frijol 15 g	340	15,75	9,0
Arroz 35g + leche comp. 15g + frijol 15g + Azúcar 30g + Cambur 5g	365	10,5	8,5

Es importante señalar que la complementación de los frijoles no sólo se limita a las proteínas sino que también representa un aporte de minerales y vitaminas del complejo B, los cuales se encuentran en muy baja cantidad en los cereales refinados. Esto ha sido corroborado por varias investigaciones donde se indica que la calidad nutricional de las leguminosas incluye proteínas, tiamina, riboflavina, niacina y algunos minerales (Anderson *et al.*, 1999), lo que también se ha conseguido para frijoles de variedades *Vigna sinensis* Kabas *et al.* (2007), e incluso para las variedades venezolanas de frijoles tuy, apure y unare son una fuente importante de estas vitaminas (Monasterios, 1980).

CONCLUSIONES

- Se recomienda ampliamente el consumo de *Vigna sinensis* con diversos cereales, dado que en conjunto aumenta el contenido de proteínas y se complementan los aminoácidos esenciales limitantes de la calidad proteica.

- El frijol *Vigna sinensis* complementa las proteínas del maíz, arroz, sorgo, arepas, pastas y panes en mezclas con bajas proporciones siempre que la energía total sea adecuada y se obtiene una complementación de buena calidad cuando la relación es de 20 a 30 partes de frijol con 80 a 70 partes del cereal.
- Se sugiere incluir en la dieta diaria sobre todo en el almuerzo, combinación de cereales con leguminosas y si se puede un poco de proteína de origen animal y frutas o vegetales, dado que aportan proteínas y los otros nutrientes (vitaminas, minerales, fibra y antioxidantes) necesarias para el correcto funcionamiento del organismo, y además generan grandes beneficios a la salud.

AGRADECIMIENTOS

Al CENIAP por el suministro de las muestras, al Decanato de Investigación y Desarrollo de la USB por el apoyo financiero y un agradecimiento muy especial al Licenciado Xavier Díaz y a la estudiante de Lic. en Biología María Astrid Aular por su colaboración en la preparación del presente trabajo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AOAC. 1990. Official method of analytical chemistry. 15. Ed. Pub. By AOAC; Washington D.C.
- Allison, A. M. 1965. Biological evaluation of protein. *Physiol. Rev.* 35:644
- Anderson, J.W., Smith, B.M., Washnock, C.S. 1999. Cardiovascular and renal benefits of dry bean and soybean. *Am J Clin Nutr* 1999;(70 Suppl): 464-474
- Champ, M. 2001. Potential of grain legumes in food and feed. 4th Eur. Conf. Grain Legumes, Cracovia, Polonia. p. 5.

- Díaz, C. 1983. *Obtención de harina precocida de sorgo y utilización en la elaboración de arepas*. Trabajo de grado presentado ante la Universidad Simón Bolívar para optar al título de Magister en Ciencias de los alimentos. 252pp.
- Elías, L. G. y Bressani, R. 1972. *Valor nutritivo de la proteína de la harina de tortilla y su mejoramiento por medio de fortificación en Centro América*. En: *Mejoramiento nutricional del maíz*, R. Bressani; J. Braham; M. Behar (Ed.). Pub. INCAP L-3. Guatemala pp. 172-194.
- FAO. 1993. *El maíz en la nutrición humana*. En *Alimentación y Nutrición*. N° 25. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma, Italia. 85pp.
- González, K. y Ballesteros, A. 1998. *Estudio de las propiedades funcionales de leguminosas nacionales subutilizadas*. Trabajo de Grado presentado ante la Universidad Simón Bolívar para optar al título de Ingeniero Químico. 95pp.
- Granito, M.; Torres A.; J. Frías; M Guerra y C. Vidal-Valverde. 2005. *Influence of fermentation on the nutritional value of two varieties of Vigna sinensis*. *Eur Food Res Technol* 220:176-181.
- Granito, M.; Torres, A. y Guerra, M. 2003. *Desarrollo y evaluación de una pasta a base de trigo, maíz, yuca y frijol*. *Interciencia*.28(7):372-379.
- Granito, M.; Trujillo, L. y Guerra, M. 2004. *Uso de phaseolus vulgaris y vigna sinensis como extensores de una bebida láctea fermentada*. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición* 229-234pp.
- Guerra, M. 2003. *Efecto de los procesos tecnológicos en la calidad nutricional de cereales*. En: *Efecto del procesamiento sobre la calidad nutricional de los alimentos*. 73-104 pp.
- Guerra, M; Granito M.; Paolini M. y Olaizola C. 2008. *Uso de la leguminosa (Vigna sinensis) como complemento del pollo en una fórmula infantil*. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*. 58 (3): 292-297
- Hernández, M. y Sastre, A. *Tratado de nutrición*. 1999. Ediciones Díaz de Santos. España. XVIII+ 1476pp.
- Kabas, O. ; E. Yilmaz ; A. Ozmerzi; I. Akinci, 2007. *Some physical and nutritional properties of cowpea seed (Vigna sinensis L.)*. *Journal of Food Engineering* 79:14051409
- Monasterios, M. 1980. *Estudio de las propiedades de harinas de 3 variedades de frijol (Vigna sinensis)*. Trabajo de Grado presentado ante la Universidad Simón Bolívar para optar al título de Magister en Ciencias de los Alimentos, Mención Nutrición. 135pp.
- Olivares, R. y Fernández, J. 2008. *Formulación y optimización de un alimento extruido a partir frijol (Vigna sinensis) como fuente principal de proteína, para la alimentación de cachama (Colossoma macropomum) en su etapa de engorde*. *Agrollanía. Revista de Ciencia y Tecnología*. 5: 53-60.
- Onylagha, J.; Islam, S. and Ntamatungiro, S. 2009. *Comparative phytochemistry of eleven species of Vigna (Fabaceae)*. *Biochem. Syst. Ecol.* 14 (In press).
- Prosky L., et al. 1992. *Determination of insoluble, soluble and total dietary fiber in food products*. *Interlaboratory Study*. *J. Assoc. Of Anal. Chem.*
- Stocks, J. 1999. *Beans and legumes. A world wide staple*. *Am. Food AG Exp. Apr/May*. p. 46
- Tagle, M. A. 1980. *Nutrición*. 2ª. Ed., P.56 Editorial Andres Bello, Santiago de Chile.
- Toro, Z. 1977. *Extracción de proteínas vegetales de la Canavalia y obtención de un aislado y concentrado proteico*. Trabajo de Grado presentado ante la Universidad Simón Bolívar para optar al título de Licenciado en Química. 65pp.
- WHO. 1998. *Complementary feeding of young children in developing countries: a review of current scientific knowledge*. Geneva: WHO.

AISLAMIENTO DE BACTERIAS A PARTIR DE SUELOS TRATADOS CON PESTICIDAS, POTENCIALMENTE UTILIZABLES EN BIORREMEDIACIÓN

ISOLATION OF BACTERIA FROM SOILS TREATED WITH PESTICIDES POTENTIALLY USABLE IN BIOREMEDIATION

Recibido: 02-11-2008 / Aceptado: 23-03-2009 **Molina-Quintero¹, L.; Medina-Ramírez², G. y Grassi H.C³.**

¹Laboratorio de Microbiología. Programa de Ingeniería Agroindustrial. Universidad Centroccidental “Lisandro Alvarado”, Barquisimeto- Venezuela. e-mail: *luisamolina@ucla.edu.ve*

²Sección Biotecnología, Instituto de Investigaciones de la Facultad de Farmacia y Bioanálisis, Universidad de Los Andes, Mérida Venezuela e-mail: *medinag@ula.ve*

³ Sección Biotecnología, Instituto de Investigaciones de la Facultad de Farmacia y Bioanálisis, Universidad de Los Andes, Mérida Venezuela e-mail: *cocoa01@etheron.net*

RESUMEN

La presente investigación tiene como propósito, evaluar bacterias del suelo capaces de crecer en presencia de pesticidas, biodegradando y/o detoxificando los pesticidas agregados a medios de cultivo. Para ello se recolectaron muestras de suelos en dos poblaciones del Estado Mérida, Venezuela y se procedió a realizar el aislamiento bacteriano en medios de cultivo mínimos y ricos, suplementados con glicerol con y sin pesticidas (Paratión, Paraquat y DDT). Bajo estas condiciones el crecimiento de los clones aislados estuvo favorecido en medio mínimo de cultivo suplementado con Paratión o DDT, indicando que en ausencia de una fuente de carbono adecuada, estos pesticidas pueden ser metabolizados. La detoxificación de los medios suplementados con los pesticidas se evaluó utilizando el bioensayo de toxicidad sobre *Artemia salina*. Se encontró que la mayoría de los clones bacterianos logró disminuir la toxicidad del medio de cultivo, y se encontró una disminución general al considerar el promedio de todos los clones y compararlo con el control sin microorganismos. Los resultados obtenidos en este trabajo indican que algunos de los microorganismos aislados podrían ser utilizados en biorremediación.

Palabras claves: *biorremediación, pesticida, microorganismos*

SUMMARY

The present research focuses on the evaluation of soil bacteria which are able to grow in the presence of pesticides, biodegrading them and/or detoxifying the culture media. Soil samples were collected in two different allocations of Estado Mérida, Venezuela and bacteria were isolated in minimal and rich media which were supplemented with glycerol as the sole Carbon and energy source, with or without pesticides (Parathion, Paraquat and DDT). Under the conditions of this paper, the growth of the isolated clones was favoured in minimal culture media supplemented with Parathion or DDT, indicating that under the absence of a suitable carbon source, these pesticides could be metabolized. The detoxification of culture media supplemented with pesticides with or without microorganisms was evaluated using a toxicity assay on *Artemia salina*. We found that most of the bacterial clones had the ability to decrease toxicity of the culture media, showing an overall decrease in toxicity when the mean value for all the clones was compared with the control without microorganisms. The results indicate that some of the isolated microorganisms may be used in bioremediation.

Key words: *bioremediation, pesticide, microorganisms*

INTRODUCTION

El uso de compuestos químicos en la agricultura ha supuesto un beneficio sustancial en la producción, un ejemplo de esto es el empleo de pesticidas y fertilizantes, que han favorecido un incremento significativo en las cosechas, mejorando en gran medida el rendimiento económico (Hotchkiss 1992; Ferrer 2003); además es indudable el beneficio derivado del empleo de los pesticidas en los programas de salud y en la lucha contra vectores o huéspedes transmisores de enfermedades (Maroni et al. 1993); sin embargo, existe la contraparte que indica que estos compuestos pueden ser potencialmente peligrosos para la vida animal y humana, debido a que el abuso en su aplicación ha producido una amplia e importante dispersión en el medio ambiente, con consecuencias graves para el hábitat y para todas las especies, debido a su toxicidad, a su persistencia y a la rápida movilización de estos productos a través del agua, aire y suelo (Gutiérrez et al. 2000). De particular interés son los efectos negativos generados sobre la microbiota del suelo, determinante en los procesos de descomposición y mineralización de la materia orgánica en putrefacción, lo cual incidiría directamente y de manera negativa sobre el suelo haciéndolo disminuir su calidad y por ende su productividad.

Estudios realizados por Haraama (1999) y Senior et al. (1990), han aportado múltiples opciones en el uso de bacterias nativas de los sitios sometidos a la influencia de distintos contaminantes, las cuales han adquirido una capacidad sustantiva para poder sobrevivir en esas condiciones, pues se han adaptado aprovechando como sustrato los pesticidas y los compuestos derivados de ellos, degradándolos y transformándolos a otros menos nocivos como por ejemplo dióxido de carbono. Estos organismos pueden ser utilizados como herramientas para la descomposición y eliminación de pesticidas presentes en suelos contaminados (Cabrera 1982). Una aplicación

de gran relevancia (Arrambarri *et al.* 1994) es la “Biorremediación de suelos contaminados con pesticidas”, tecnología basada en la utilización de microorganismos que poseen la capacidad de degradar los mismos, para lo cual se requiere la optimización de factores esenciales para el metabolismo de dichos microorganismos, tales como concentración de nutrientes, contenido de agua, pH, oxígeno y temperatura (Singh 2002). La biorremediación es por tanto una metodología de gran interés para la recuperación de suelos. En consecuencia el presente estudio tiene como objetivo aislar bacterias a partir de muestras de suelos tratados con pesticidas, que puedan tener la capacidad de metabolizar dichos compuestos químicos y de detoxificar Medios de Cultivo suplementados con pesticidas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Caracterización de las Muestras de Suelo

Se recolectaron al azar, 7 muestras de suelo del Estado Mérida, Venezuela, (5 de la población de Bailadores y 2 de la población de Santa Cruz de Mora), para lo cual se eliminó la cubierta vegetal superficial del suelo y se procedió a recolectar muestras con un peso aproximado de 1 Kg. correspondiente al material entre 0 y 30 cm. de profundidad del suelo. Así, mismo se midió la temperatura del suelo y se realizó un estudio de las prácticas agrícolas desarrolladas en el lugar.

Aislamiento Bacteriano

Las muestras de suelo se procesaron inmediatamente después de su recolección, y se procedió a realizar el aislamiento bacteriano de la siguiente manera: se mezclaron 5 g de cada muestra de suelo con 10 mL de agua destilada estéril, se dejó en reposo por 2 horas y luego se decantaron los sobrenadantes (extracto de suelo) los cuales fueron utilizados como inóculos. El aislamiento bacteriano se llevó a cabo en Medio Básico (MB) (Duarte *et al.* 2001) modificado por los autores, el cual contiene la siguiente composición (por litro): Glicerol 2g, $\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 4g, $\text{K}_2\text{HPO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ 4g, NH_4Cl 2g, $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 0,2g, $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 0,001g, $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 0,001g, Agar purificado 13g; así como también en Medio Rico (MR) (Duarte *et al.* 2001), que tiene la misma composición del MB y adicionalmente contiene

extracto de levadura 2 g/L. Se procedió a inocular 100 μ L del extracto en los medios de cultivo, por la "Técnica de siembra en placa por extensión"; las placas se incubaron a temperatura ambiente por 72 horas.

Evaluación del Crecimiento Bacteriano sobre los Medios de Cultivo suplementados con Pesticidas

Se escogieron clones al azar a partir del ensayo anterior y se sembraron en los medios de cultivo MB, MR y Medio Trypticosa Soya (ATS), sin pesticidas y en placas con dichos medios de cultivo suplementados con los pesticidas Paratión (2mg/mL), Paraquat (0.8mg/mL) y DDT (40mg/mL). Las placas se incubaron a temperatura ambiente y se realizaron observaciones del crecimiento bacteriano cada 24 horas.

Evaluación de la Toxicidad de los sobrenadantes de Medios de Cultivo sobre Artemia salina

Se realizó un bioensayo para evaluar la toxicidad de los medios de cultivo suplementados con pesticidas, frente al monitor biológico *Artemia salina*, según el procedimiento descrito por Jiménez (1994); el cual se llevó a cabo de la siguiente manera:

Eclosión de los Huevos: Se oxigenó 250mL de Solución Marina (NaCl 27g, MgSO₄ 7,06g, MgCl₂·6H₂O 5,18g, KCl 0,697g, NaHCO₃ 0,143g, KBr 0,102g, Na₂CO₃ 0,035g, H₃BO₃ 0,026g, MgF₂ 0,015g, KF 0,0001g, CaCl₂·H₂O 1,54g y agua CSP 1L.) durante 48 horas. Se procedió a agregar 20mg de huevos de *Artemia salina* y se continuó con el procedimiento de oxigenación por un espacio de 24 horas, periodo en el cual ocurre la eclosión y aparición de los *nauplii*.

Experimento: En microplacas de 96 pozos se agregaron 150 μ L de Solución Marina en cada pozo, luego se adicionó 5 μ L de Solución Marina que contiene los nauplii y 5 μ L de una solución de levadura comercial, (50mg/mL), se incubó la placa a temperatura ambiente por 24 horas bajo luz artificial. Posteriormente se contaron los individuos muertos y

se agregó 15 μ L de sobrenadante de los cultivo en cada pozo, se incubó de nuevo la placa a temperatura ambiente por 24 horas bajo luz artificial, por último se procedió a contar los individuos muertos y a determinar el porcentaje de mortalidad.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracterización de las Muestras de Suelo

De las muestras de suelo recolectadas, el 71,42% correspondió al tipo "Franco-arenoso", las cuales se derivan de la recolección efectuada en la población de "Bailadores", mientras que 28,28% pertenecen al tipo "Arenoso" correspondientes a las muestras obtenidas en la población de "Santa Cruz de Mora"; sus temperaturas oscilaron entre 18°C y 23°C. Algunos suelos presentaban cultivos para el momento de la recolección de las muestras, coincidiendo con la aplicación de diferentes tipos de pesticidas, mientras que otros sólo se estaban tratando con dichos compuestos químicos; se tomó como control un suelo que no había sido intervenido desde el punto de vista químico ni agrícola por al menos 15 años, según la información obtenida de la información recabada (Tabla 1).

Tabla 1. Características De Los Suelos

Nº de Muestra	Ubicación Geográfica	Tipo de suelo	Temperatura del suelo	Cultivo	Pesticida aplicado
1	Bailadores	Franco Arenoso	18°C	Repollo	Aminoglicósido/ Fungicida-bactericida (Kasumin). Control Biológico (Trichoderma)
2	Bailadores	Franco Arenoso	19°C	Repollo	Carbamato (Benlate)
3	Bailadores	Franco Arenoso	19°C	Sin cultivo	Benzamida (Match)
4	Bailadores	Franco Arenoso	19°C	Sin cultivo	Organofosforado (Tamaron)
5	Bailadores	Franco Arenoso	18°C	Sin cultivo	Sin aplicación por más de 15 años. Muestra Control
6	Santa Cruz de Mora	Arcilloso	24°C	Flores	Organofosforado (Curacron, Malation). Formol
7	Santa Cruz de Mora	Arcilloso	23°C	Sin Cultivo	Organofosforado (Malation). Sulfato Cúprico

Evaluación del Crecimiento Bacteriano

El crecimiento bacteriano, comenzó a ser notable luego de 24 horas de incubación en MR para todas las muestras, mientras que en MB comenzó a manifes-

tarse más tardíamente. En relación con la cantidad de clones aislados en cada muestra de suelo se obtuvo que la mayor cantidad de ellos, correspondió a la muestra número 3, mientras que la menor cantidad estuvo relacionada con la muestra número 6 (Figura 1).

El menor crecimiento bacteriano manifestado por las muestras 7, puede ser atribuible a la adición en el suelo de formol, que es un agente esterilizante, junto a dos pesticidas organofosforados en altas concentraciones, según lo indicado por los agricultores, lo cual afectar el crecimiento bacteriano; dicho efecto es comparable con los resultados de Luo *et al.* (2004), quienes obtuvieron un decrecimiento en la diversidad microbiana de suelos tratados con el pesticida “Fenvalerate” luego de un período de 40 días, de igual manera otros estudios llevados a cabo por Widenfalk *et al.* (2004) demostraron una disminución de 20 a 24% de la actividad bacteriana en suelos tratados con los pesticidas Captan, Isoprototom, Detametrin y Pirimicarb.

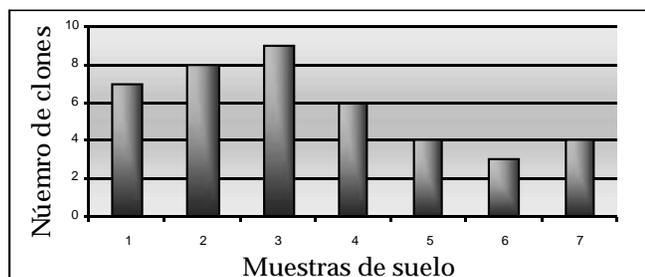
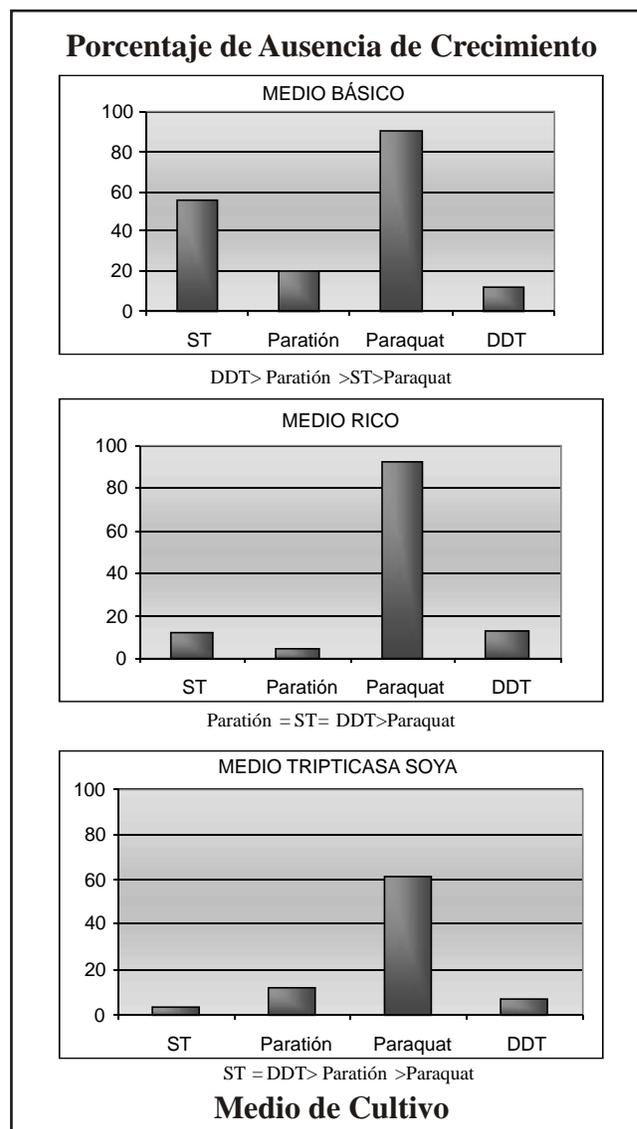


Figura 1. Cantidad de clones bacterianos aislados a partir de las muestras de suelo

En la Figura 2 se puede observar la influencia de cada tipo de pesticida y medio de cultivo, sobre el crecimiento bacteriano, expresado en este caso como porcentaje de ausencia de crecimiento. Se obtuvo que el Paraquat resultó ser el pesticida más tóxico, ya que en los medios de cultivo suplementados con el mismo, se manifestaron los mayores porcentajes de ausencia de crecimiento, mientras que el crecimiento bacteriano estuvo favorecido por Paratión y DDT, ya que presentaron los menores porcentajes de ausencia de crecimiento, en comparación con los medios de cultivo sin tratamiento (es decir en ausencia de pesticida). Al comparar todos los pesticidas en un mismo medio se puede ver que en el MB los pesticidas Paratión y DDT estimulan el crecimiento,

mientras que Paraquat lo inhibe, ya que se manifestó casi 100% de ausencia de crecimiento. De manera global, se observa que en los dos medios ricos (MR y ATS), Paratión y DDT afectan ligeramente el crecimiento, mientras que Paraquat lo inhibe de manera evidente. En MB, aunque el Paraquat presenta el mismo efecto inhibitorio, Paratión y DDT estimulan el crecimiento microbiano, lo que indica que el medio adecuado para este tipo de estudio, es el MB.



ST: Medio de Cultivo Sin Tratamiento

Al pie de cada gráfica se muestra de manera comparativa la relación de crecimiento en orden decreciente de izquierda a derecha, entre todos los tratamientos.

Figura 2. Comparación del crecimiento bacteriano entre los medios de cultivo suplementados con pesticidas.

Todo pareciera indicar que mientras el medio es más rico, se expresa la toxicidad de todos los compuestos y mientras el medio es más pobre, el efecto tiende más a la estimulación del crecimiento. Esto se puede explicar cualitativamente porque los blancos de acción de estos tóxicos se expresan más mientras el medio es rico o también, de una manera cuantitativa porque las células se hacen más vulnerables en la medida en que el crecimiento es mayor. Esta conclusión coincide con una toxicidad decreciente de los pesticidas Paraquat >Paratión >DDT, y con la riqueza decreciente de los medios de cultivo ATS >MR >MB. De esta manera nuestros resultados indican que se puede esperar que la combinación de mayor toxicidad sea Paraquat en Tripticasa Soya y de menor toxicidad sea DDT en MB lo cual estaría de acuerdo con lo reportado en la bibliografía y a que el DDT no altera la microflora bacteriana del suelo (Salonius 1972).

Relacionando el crecimiento bacteriano (en términos del número de clones) con la muestra de suelo del cual se obtuvieron, se tiene que aquellos clones originalmente aislados a partir de la muestra 6 (suelo tratado con organofosforados y formol) y repicados sobre MR, MB y estos mismos medios suplementados con Paratión y DDT, presentaron 0% de crecimiento bacteriano. Las muestras 2 y 3 fueron las que presentaron mayor porcentaje de crecimiento. El control (muestra 5) no presentó crecimiento bacteriano (Figura 3). Esto indica que los microorganismos aislados de las muestras 5 y 6 no se mantuvieron viables bajo estas condiciones, mientras que aquellos de las muestras 2 y 3 (suelos tratados con carbamato y benzamida, respectivamente), mantuvieron la mayor viabilidad.



MB: Medio Básico; **MR:** Medio Rico; **MB+DDT:** Medio Básico suplementado con **DDT**; **MB+P:** Medio Básico suplementado con Paratión

Figura 3. Porcentaje de crecimiento bacteriano, de clones cultivados según las muestras de suelo

De la población bacteriana evaluada, se seleccionaron 11 clones para realizar los ensayos de toxicidad sobre *Artemia salina*. De los sobrenadantes de MB suplementado con Paratión, se puede destacar que el porcentaje de muestras que reducen la toxicidad con respecto al control (medio de cultivo con pesticidas y en ausencia de microorganismos) aumentan en función del tiempo, de esta manera a los 39 días, 44,44% de muestras fueron menos tóxicas que el control, a los 63 días 66,66% manifestaron dicho efecto y a los 80 días, 88,88% presentaron porcentaje de mortalidad menor que el control. En la Figura 4-a se muestra el porcentaje de mortalidad de *Artemia salina* por efecto de los sobrenadantes de cultivo (en MB con paratión) de cada uno de los nueve clones seleccionados y en la Figura 4-b, se muestra el promedio del porcentaje de mortalidad de los sobrenadantes de cultivo de los mismos clones, en comparación con el control que contiene MB con Paratión y sin microorganismos.

En cuanto a los sobrenadantes de Medio de Cultivo (MB) suplementado con DDT se obtuvo, que el control al comienzo del ensayo (22 días) produjo 0% de mortalidad y fue aumentando progresivamente; se observó que a los 80 días 55,55% de los clones disminuyeron su toxicidad en los Medios de Cultivo con respecto al control, 11,11% lograron 0% de mortalidad en *Artemia salina*, mientras que solo 33,33% presentaron un aumento de la toxicidad. En la Figura 5-a se muestra el porcentaje de mortalidad de *Artemia salina* por efecto de los sobrenadantes de cultivo (en MB con DDT) de cada uno de los nueve clones seleccionados y en la Figura 5-b, se muestra el promedio del porcentaje de mortalidad de los sobrenadantes de cultivo de los mismos clones, en comparación con el control que contiene MB con DDT y sin microorganismos.

En estas experiencias se puede observar que para ambos pesticidas (Paratión y DDT) se presentan oscilaciones de la toxicidad, probablemente debido a transformaciones de estos productos en solución, mientras que la presencia de los microorganismos da niveles constantes de toxicidad que representan un 33% del máximo alcanzado por el pesticida solo. Adicionalmente se puede observar que el Paratión en

solución llega hasta un valor de 40% de mortalidad de *Artemia salina*, mientras que en presencia de microorganismos se logra, en promedio, reducir esa mortalidad a la mitad.

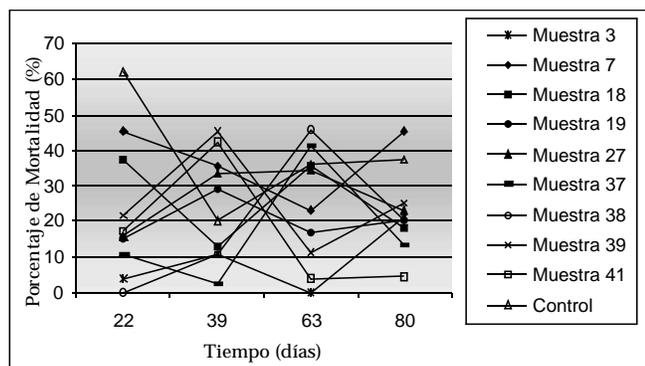


Figura 4-a. Toxicidad de los sobrenadantes de Medio de Cultivo suplementados con Paratión sobre *Artemia salina*: Comportamiento de los clones por separado.

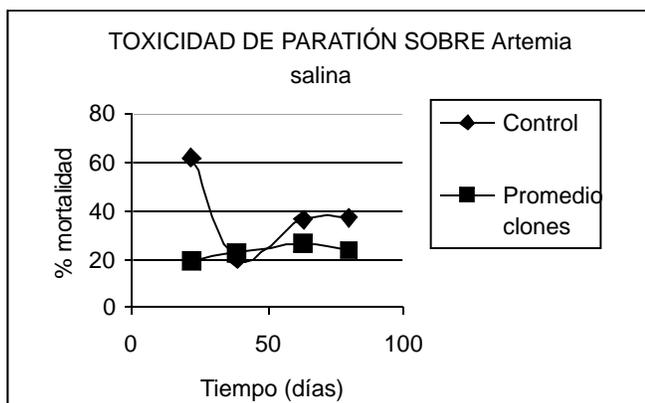


Figura 4-b. Comportamiento promedio de los clones.

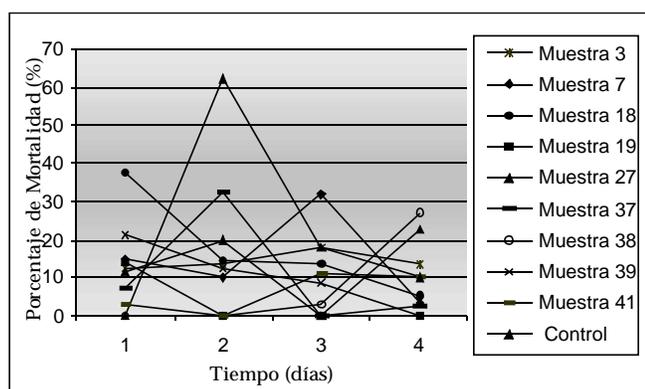


Figura 5-a. Toxicidad de los sobrenadantes de Medio de Cultivo suplementados con DDT sobre *Artemia salina*: Comportamiento de los clones por separado.

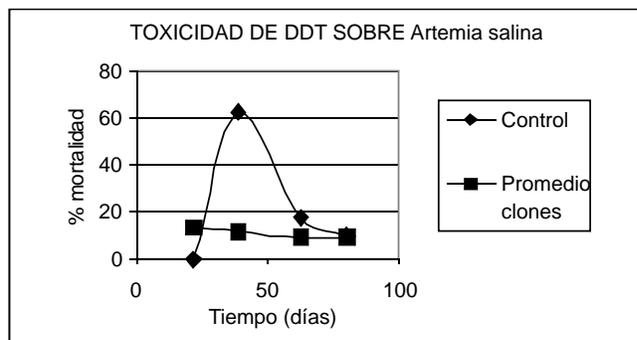


Figura 5-b. Comportamiento promedio de los clones.

Resultados obtenidos por Varo *et al.* (2002) con otros pesticidas organofosforados, demuestran que se produjo una mortalidad de 20%, manifestando baja toxicidad sobre *Artemia salina*, con respecto al control. Los sobrenadantes de medio de cultivo suplementados con DDT, presentaron mayor porcentaje de mortalidad que aquellos con Paratión; los altos porcentajes de toxicidad mostrados en este caso por el control, son comparables con los resultados obtenidos por Nimmo *et al.* (1970) y Nimmo *et al.* (1972), en bioensayos en los que *Artemia salina* demostró ser el crustáceo más sensible a los pesticidas organoclorados, específicamente DDT, dicho efecto se debe a la elevada acumulación del DDT en el hepatopáncreas de dichos organismos.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Se obtuvieron números variables de microorganismos de las diferentes muestras de suelo evaluadas. En nuestra experiencia, el tratamiento de suelos con organofosforados parece estar asociado con un menor número de microorganismos.
- Los microorganismos se adaptan mejor a Paratión y DDT en medios de cultivo mínimos (MB) que a los mismos pesticidas en medios ricos, mientras que el efecto de Paraquat parece ser independiente del medio de cultivo.
- En esas condiciones de medio mínimo (MB), los microorganismos logran mantener niveles bajos de toxicidad sobre *Artemia salina*, en presencia de Paratión y DDT, los cuales podrían ser degradados por los microorganismos existiendo posiblemente un efecto del tipo de represión por catabolitos. La

disminución de la toxicidad generada por los pesticidas Paratión y DDT por acción de los clones bacterianos estudiados en el presente trabajo, nos indica que dichos organismos pueden ser utilizados en procesos de Biorremediación de ambientes contaminados con dichos compuestos.

- Dada la estrategia de constante recambio y sustitución de los principios activos de los pesticidas, sería interesante evaluar la capacidad de detoxificación de estos organismos sobre nuevos agentes presentes en el mercado.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arrambarri, A., Cabello, M.(1994) *Biodegradación Fúngica en la Contaminación por Hidrocarburos*. Gerencia ambiental. 3: 150-152.
- Cabrera, S.(1982). Eutrophy in Lake. Plant and Soil. 67: 377-387.
- Duarte, G., Rosado, A., Seldyn, L., de Araujo, W.; Dirk, J. (2001). Analysis of Bacterial Community Structure in Sulfurous-Oil-Containing Soils and Detection of Species Carrying Dibenzothiophene Desulfurization (dsz) Genes. Applied and Enviromental Microbiology. 67(3): 1052-1075.
- Ferrer, A. (2003). *Intoxicación por Plaguicidas; Pesticida Poisoning*. ANALES del Sistema Sanitario de Navarra. 26:155-171.
- Gutiérrez, H., Arregui, M.(2000). *Comportamiento de Herbicidas en Suelos, Agua y Plantas*. FAVE. 14 (1): 73-89.
- Haraama, S.(1999) Petroleum Biodegradation in Marine Environments. J. Mol. Microbiol. Biotechnol. 1(1): 63-70.
- Hotchkiss, J.(1992) Pesticide Residue Controls to Ensure Food Safety. Critical Rev. Food Sci. Nutrition. 31: 191-203.
- Jiménez, J.(1994) *Normalización de Ensayos de Compuestos Bioactivos, usando Artemia salina como Monitor Biológico*. Tesis de grado. Facultad de Ciencias. Universidad de los Andes. Venezuela. 16-62.
- Maroni, M., Fait, A.(1993) Health Effects in Men from Long-term Exposure to Pesticides. Toxicology. 78:1-180.
- Nimmo, D., Wilson, A., Blackman, R. (1970). Localization of DDT in the Body Organs of Pink and White Shrimp. Bull. Environ. Contam. Toxicol. 54(4): 333-341.
- Nimmo, D., Robibin, R., Blackman, R. (1972). Effect of DDT on Cations in the Hepatopancreas of Penaeid Shrimp. Trans. Am. Soc. 101(3):547-549.

- Luo, H., Qi, H., Zhang, H. (2004). Assessment of the Bacterial Diversity in Fenvalerate-Treated Soil. *World J. Microbiol. Biotechnol.*, 20(5): 509-515.
- Salonius, P. (1972). Effect of DDT and Fenitrothion on Forest Soil Microflora. *J. Econ. Entomol.* 65:1089-1096.
- Senior, E., Balba, M.(1990). Refuse Decomposition. *Microbiology of landfill sites.* CRC Press. 18-57.
- Singh, D. (2002). Microbial Degradation of Insecticides: An Assessment for its use in bioremediation. Elsevier Science B.V. 175-185.
- Varo, I., Navarro, J., Amat, F., Guilhermino, L. (2002) Characterisation of cholinesterases and evaluation of the inhibitory potencial of chlorpyrifos and dichlorvos to *Artemia salina* and *Artemia parthenogenetica*. *Chemosphere.* 48: 563-569.

CONTRIBUCIÓN AL ESTUDIO DE LOS ÁCIDOS KAURÉNICOS AISLADOS A PARTIR DE *Coespeletia moritziana* Sch. Bip. Ex. Wedd. (FRAILEJÓN) Y SU ACTIVIDAD ANTIBACTERIANA

CONTRIBUTION TO THE STUDY OF THE KAURENIC ACID ISOLATED FROM *Coespeletia moritziana* Sch. Bip. Ex. Wedd. (FRAILEJÓN) LEAVES AND ANTIBACTERIAL ACTIVITY

Recibido: 09-08-2008 / Aceptado: 15-03-2009

Alexis Peña^{1}, Libia Alarcón², Alfredo Usubillaga³, Judith Velasco⁴ y Paulino Delgado⁵*

¹ Programa Ciencias del Agro y del Mar, Universidad Nacional Experimental de los Llanos Occidentales Ezequiel Zamora, San Carlos, Venezuela. *penaalexis@ula.ve* / ² Departamento de Biología y Química, Núcleo Universitario "Rafael Rangel" Universidad de los Andes, Trujillo Venezuela. / ³ Instituto de Investigación, Facultad de Farmacia y Bioanálisis, Universidad de los Andes, Mérida, Venezuela. / ⁴ Departamento de Microbiología y Parasitología, Facultad de Farmacia y Bioanálisis, Universidad de los Andes, Mérida, Venezuela. / ⁵ Laboratorio de Productos naturales. Facultad de Ciencias. Universidad de los Andes, Mérida, Venezuela.

RESUMEN

De las partes aéreas de la *Coespeletia moritziana* Sch.Bip. ex Wedd (Frailejón amarillo), fueron aislados los diterpenos: ácido 15a-hidroxi- ent-kaur-16-en-19-oico [I], ácido 15a-(3-metoxi-3-metilbutanoato)-ent-kaur-16-en-19-oico [II], ácido 15a-acetoxi- ent-kaur-16-en-19-oico [III], ácido ent-kaur-9(11),16-dien-19-oico [IV], ácido ent-kaur-16-en-19-oico [V]. El tratamiento con dimetildioxirano del ácido [II] produjo los derivados a y 16,17 epoxidados [VI]. Todas las estructuras fueron establecidas aplicando métodos espectroscópicos incluyendo estudios uni- y bi-dimensionales de espectroscopia de RMN, IR, Masas, constantes físicas y por comparación con muestras auténticas. La actividad antibacteriana de los compuestos [I], [II], [III], [IV] y [V], fue evaluada frente a cinco cepas: *Staphylococcus aureus* (ATCC 25923), *Enterococcus faecalis* (ATCC 29212), *Klebsiella pneumoniae* (ATCC 23357), *Echerichia coli* (ATCC 25992) y *Pseudomonas aeruginosa* (ATCC 27853). El ácido ent-kaur-16-en-19-oico [V] y ácido ent-kaur-9(11),16-dien-19-oico [IV] mostraron leve actividad antibacteriana contra cepas Gram positivas, específicamente frente a *Staphylococcus aureus* (ATCC 25923). Los valores de CIM fueron de 700 µg/mL y 1600 µg/mL respectivamente, aunque se esperaba

actividad para dichos compuestos las dosis no se corresponden con las reportadas en la bibliografía. Los restantes compuestos no mostraron actividad alguna, por lo que es posible considerar que la sustitución en posición 15 inactiva los derivados kaurénicos como antibacterianos. La evaluación antibacteriana se llevó a cabo empleando el método de difusión en gel.

Palabras clave: *Coespeletia moritziana*, diterpeno, ácido kaurénico, actividad antibacteriana.

SUMMARY

From the aerial parts of *Coespeletia moritziana* Sch. Bip. ex Wedd (yellow Frailejón), the diterpenes were isolated: 15a-hydroxy-ent-kaur-16-en-19-oic acid [I], 15a-(3-methoxy-3-methylbutanoate)-ent-kaur-16-en-19-oic acid [II], 15a-acetoxy-ent-kaur-16-en-19-oic acid [III], ent-kaur-9(11),16-dien-19-oic acid [IV], ent-kaur-16-en-19-oic acid [V]. The treatment with dimethyldioxirane of the acid [II] produced the derivatives a and 16,17 epoxidated [VI]. All structures were established applying spectroscopic methods including uni- and bi-dimensional spectroscopy of RMN, IR, Masses, physical constants and by comparison with authentic samples. The antibacterial activity of the compounds [I], [II], [III], [IV] and [V], was evaluated against five strains: *Staphylococcus aureus* (ATCC 25923), *Enterococcus faecalis* (ATCC 29212), *Klebsiella pneumoniae* (ATCC 23357), *Echerichia coli* (ATCC 25992) and *Pseudomonas aeruginosa* (ATCC 27853). The ent-kaur-16-en-19-oic acid [V] and ent-kaur-9(11),16-dien-19-oic acid [IV] showed slight antibacterial activity against Gram positive strains, specifically against *Staphylococcus aureus* (ATCC 25923). The MIC values were 700 µg/mL and 1600 µg/mL respectively, although it was expected

structures were established by spectroscopic methods, mainly unidimensional and bidimensional NMR experiments. Anti-bacterial activity of compounds **I, II, III, IV, and V** was assayed against *Staphylococcus aureus* (ATCC 25923), *Enterococcus faecalis* (ATCC 29212), *Klebsiella pneumoniae* (ATCC 23357), *Escherichia coli* (ATCC 25992), and *Pseudomonas auruginosa* (ATCC 27853). Ent-kaur-16-en-19-oic acid [V] and ent-kaur-9(11),16-dien-19-oic acid [IV] showed slight anti-bacterial activity against *Staphylococcus aureus* (ATCC 25923) a Gram positive strain. The CIM values were 700 µg/mL and 1600 µg/mL respectively. Activity was expected for both compounds but the values do not agree with those reported in the literature. The other compounds did not show any activity, which led us to conclude that substitution at C-15 leads to inactivation of kaurené's anti-bacterial properties. The antibacterial evaluation was done by the method of gel diffusion.

Key words: *Coespeletia moritziana*, diterpeno, ácido kaurenico, anti-bacterial activity

INTRODUCCION

En Venezuela los frailejones, plantas resinosas que tienen su habitat en los paramos andinos, contienen cantidades importantes de kaurenos, siendo el ácido kaurenico y el ácido grandiflorenico, los kaurenos más abundantes en la resina de los frailejones que se han estudiado hasta la fecha. Se ha reportado que este ácido tiene una gran variedad de actividades biológicas, dentro de las que destacan la actividad antimicrobiana, los estudios han mostrado que dicha actividad es preferentemente frente a bacterias gram positivas y la dosis oscila entre 5 y 1000 µg/mL, su mecanismo de acción aun no se ha establecido, pero se presumen que actúa a nivel de la membrana plasmática, tampoco se han establecido relaciones estructura actividad Gil et al. (2006); Takahashi et al. (2006); Kuate, (2006), otras actividades reportadas

son la antiparasitaria Batista (2007), antiinflamatoria Veiga Junior, (2007) y anticonvulsivantes Dalo (2007). También se ha encontrado moderado efecto in vitro contra varios tipos de cáncer, como cáncer pulmonar (A-549), sistema nervioso central (XF498), del ovario (SK-OV-3), de la piel (SK-MEL-2) y del colon (HCT15) Ryu et al. (1996). Sosa et al. (1996) han reportado que el ácido kaurénico es efectivo in vivo ante el melanoma murino B16F1 en ratones C57BL/6. Dosis de 1,0 mg/Kg disminuye el crecimiento del tumor primario, reduce el número de metástasis y aumenta la supervivencia de los animales de experimentación. Tomando en consideración que la LD50 en ratones es 439 mg/Kg, el ácido kaurénico ofrece un alto margen de seguridad. Recientemente el laboratorio de Productos Naturales de la Facultad de Farmacia en conjuntos con otros laboratorios interdisciplinarios han estudiado diferentes derivados del ácido kaurénico, encontrando excelentes resultados como la efectividad frente a células epiteliales del carcinoma de próstata humano Ruiz (2007). Actualmente se han obtenido derivados a los cuales no se le han comprobado actividad antibacteriana por lo que el presente trabajo pretende realizar una contribución a las relaciones estructura actividad de los mismos.

PARTE EXPERIMENTAL

Recolección, Secado Y Preparación Del Material Vegetal.

La planta adulta se colectó en el mes de noviembre de 2005, en el pico el Águila localizado en el estado Mérida en la porción nororiental de la Sierra la Culata, en la vía hacia la población de Piñango, a una altitud aproximada de 4126 m. s. n. m. con una masa aproximada de 10 Kg de la planta. La especie fue confirmada como *Coespeletia moritziana* (Sch.Bip. ex Wedd.), por el Ing. Juan Carmona A. Un voucher espécimen, fue depositado en el herbario MERF bajo el N° 21 (herbario de la Facultad de Farmacia y Bionálisis de la Universidad de Los Andes, Mérida-Venezuela). Las partes aéreas de la planta fueron secadas en una estufa a 60 °C por 96 horas. Luego de secado el material vegetal, fue molido en un molino eléctrico de martillo obteniéndose una masa aproximada de 2,5 Kg.

Extracción Del Material Vegetal.

Posteriormente este material se extrajo en columnas con mezcla de solventes hexano: Acetato de etilo al 2 %. El extracto fue concentrado al vacío en un rota vapor a una temperatura no mayor de 50°C. Luego se mantuvo en campana por varios días para asegurar la completa evaporación del solvente y se peso (270,3g).

A dicho extracto se le realizó una extracción ácido base, Luego de disolver el extracto se agito varias veces con una solución de hidróxido de sodio al 10 %, a esta solución resultante se le regeneraron los ácidos con adición de ácido clorhídrico concentrado, posteriormente se realizó una extracción líquido - líquido, usando como fase orgánica una mezcla de solventes de hexano: acetato de etilo al 2 % en acetato de etilo. La solución obtenida fue concentrada en un rota vapor. La masa de extracto obtenida fue de 180 g. Por ultimo el extracto obtenido se pasó por una columna flash de silica gel, corrido de una manera isocrática usando como solvente hexano: acetato de etilo al 2 %, logrando de esta manera un extracto más limpio (120 g).

Separación Cromatográfica De Los Productos.

El extracto se disolvió en acetato de etilo, se le añadió gel de sílice, se homogenizó, luego, se eliminó el solvente en un rota vapor. El gel húmedo se extendió en una bandeja, y se mantuvo a la temperatura ambiente bajo campana, durante 24 horas, hasta que se eliminó por completo el solvente. La mezcla seca se homogenizó en un mortero, quedando de esta forma lista para la cromatografía en columna.

La cabeza se colocó en la parte superior de una columna flash, la cual se preparó de acuerdo a la técnica de Coll y Bowden, (1986). Dicha columna se eluyó con hexano, mezclas de hexano: acetato de etilo, comenzando con 5% hasta 100% de acetato de etilo. Se colectaron fracciones de 1000 mL c/u, las cuales se concentraron al vacío, se analizaron por cromatografía de capa fina y se reunieron adecuadamente. Luego de analizadas las fracciones, se reunieron y se sometieron a posteriores y sucesivas separaciones cromatográficas. De acuerdo a la elusión fueron obtenidos cinco compuestos:

Ácido *ent*-kaur-16-en-19-oico. $C_{20}H_{30}O_2$. (*ácido kaurénoico*): Sólido cristalino blanco, p.f. 175-178°C, IR, Masas, RMN 1H y ^{13}C idénticos con aquellos de una muestra auténtica.

Ácido *ent*-kaur-9(11), 16-en-19-oico. $C_{20}H_{28}O_2$. (*ácido grandiflorénico*): Sólido cristalino blanco, p.f. 158-160 °C, IR, Masas, RMN 1H y ^{13}C idénticos con aquellos de una muestra auténtica.

Ácido 15a-acetoxi-*ent*-kaur-16-en-19-óico. $C_{22}H_{32}O_4$: Sólido cristalino blanco, p.f. 170-173 °C, los datos de IR, Masas, RMN 1H ($CDCl_3$, 400 MHz) y ^{13}C ($CDCl_3$, 100 MHz) idénticos a los reportados por Brieskorn and Pöhlman, (1968).

Ácido 15a-(3-metoxi-3-metilbutanoato)-*ent*-kaur-16-en-19-óico. $C_{26}H_{41}O_5$: Sólido cristalino blanco, p.f. 125- 128 °C, los datos de IR, Masas, RMN 1H ($CDCl_3$, 400 MHz) y ^{13}C ($CDCl_3$, 100 MHz) idénticos a los reportados por Peña et al. (2008).

Ácido 15a-hidroxi-*ent*-kaurénico. $C_{20}H_{30}O_3$. (*ácido grandiflorólico*): Sólido cristalino blanco, p.f. 227-228 °C, los datos de IR, Masas, RMN 1H ($CDCl_3$, 400 MHz) y ^{13}C ($CDCl_3$, 100 MHz) idénticos a los reportados por Piozzi et al. (1968).

Síntesis Del Epóxido Ácido 15a-(3-metoxi-3-metilbutanoato)-*ent*-kaur-16-en-19-óico Con Dimetildioxirano.

El derivado epoxidado se obtiene al tratar el ácido 15a-(3-metoxi-metilbutanoato)-*ent*-kaur-16-en-19-oico con dimetildioxirano a temperatura ambiente. La preparación del dimetildioxirano en acetona se realizó en un balón de dos bocas de cuatro litros unido a un sistema cerrado, con agitación constante y capacidad de enfriamiento. Se le adiciona agua destilada (254 mL), acetona (192 mL) y $NaHCO_3$ (58g) y se enfría en un baño de hielo/agua entre 5-10 °C. Este se agita vigorosamente hasta homogenizar y enfriar la mezcla, luego se adiciona el caroate (que es una sal compuesta de $2 KHSO_5.KHSO_4.K_2SO_4$) (120 g, 0,195 mol), en cinco porciones a intervalos de 3 minutos. Después de tres minutos de la última adición, se le aplica un sistema de vacío a fuerza moderada. Luego se retira el baño de hielo /agua y se continúa agitando la mezcla de tal manera que comience la destilación del dimetildioxirano en acetona, se colecta en un balón enfriado a -78 °C Adam et al. (1991).

La reacción se lleva a cabo por una rápida adición de una alícuota de solución enfriada de dimetildioxirano en acetona a una solución del derivado kaurénico en relación de 1:1,5 (disuelto en diclorometano) a temperatura ambiente. Luego de seguir la reacción a través de cromatografía de capa fina se observa la formación de otro producto y la desaparición del reactivo de partida, después se remueve el solvente por simple evaporación, para la posterior caracterización del producto González *et al.* (1996).

Actividad Antibacteriana Del Ácido Kaurenico, Ácido Grandiflorenico Y Sus Derivados Aislados De *Coespeletia moritziana*.

La actividad antimicrobiana se determinó por el método de difusión en agar con discos Rangel *et al.* (2002), modificada en el laboratorio. Se ensayaron los siguientes microorganismos: *Staphylococcus aureus* (ATCC 25923), *Enterococcus faecalis* (ATCC 29212), *Klebsiella pneumoniae* (ATCC 23357), *Echerichia coli* (ATCC 25992) y *Pseudomonas auruginosa* (ATCC 27853).

El ensayo se realizó con un cultivo de 18 horas de cada microorganismo en 2,5 mL de caldo Mueller-Hinton a 37 °C. El inóculo bacteriano se ajustó con solución salina fisiológica al Patrón de Turbidez de Mac Farland N° 0,5 (10^{6-8} ufc/mL). Cada inóculo se diseminó con un hisopo sobre la superficie de una placa que contenía agar Mueller-Hinton y luego se colocó sobre la superficie un disco de papel de filtro (6 mm diámetro) previamente impregnado con 10 µL de la dilución de cada uno de los compuestos que se pretendían estudiar y el control negativo respectivo (DMSO). Además, se colocó el disco estándar del antibiótico de referencia como control positivo para cada uno de los microorganismos. El medio de cultivo inoculado se sometió a preincubación durante 18 horas a 4 °C y luego se incubó a 37 °C durante 24 horas De Los Rios *et al.* (1999). La lectura de los halos de inhibición se realizó a las 24 horas. Para la actividad antibacteriana se midió la zona de inhibición alrededor del disco y éste se expresó en mm. La Concentración Inhibitoria Mínima (CIM) se determinó solo con las cepas que mostraron zonas de inhibición. Para determinar la CIM se prepararon diluciones de los ácidos con un rango de concentración de 500-1900

µg/mL, concentración que se tomó como referencia de acuerdo a la concentración de las diluciones de cada uno de los compuestos que mostraron actividad, luego se impregnaron los discos de papel de filtro con 10 µL de cada dilución. La CIM fue definida como la concentración más baja capaz de inhibir el crecimiento bacteriano visible NCCLS, (2005). Los ensayos se realizaron por triplicado. Los análisis se realizaron en el Laboratorio de Síndromes Gastrointestinales y Urinarios "Lic. Luisa Vizcaya". Facultad de Farmacia y Bioanálisis. ULA, Mérida-Venezuela.

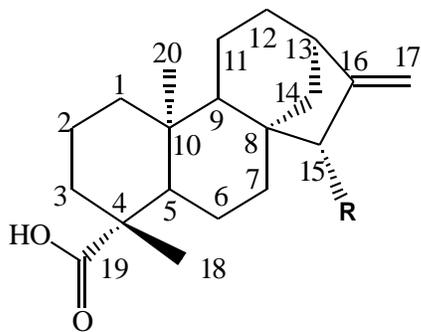
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las partes aéreas de la *Coespeletia moritziana* (figura 1), una vez secada en una estufa y molida, se extrajo hasta agotamiento durante varios días, con mezclas de hexano: acetato de etilo (7:3), a temperatura ambiente. El extracto obtenido fue sometido a diferentes procesos de percolado, luego de concentrado se realizó una extracción ácido base, con una solución de hidróxido de sodio, con lo que se obtuvo las sales de los compuestos ácidos presentes en el extracto, posteriormente se regeneraron los ácidos y se concentró para dar como resultado un extracto de color verde oscuro.

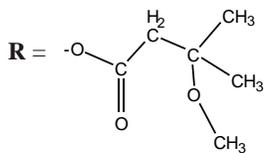
El extracto fue preabsorbido en gel de sílice y posteriormente fue sometido a varios procesos de fraccionamiento y separación, utilizando técnicas cromatográficas. De esta manera se pudieron aislar cinco diterpenoides de la serie del kaurano específicamente derivados del ácido kaurénico cuyas estructuras se representan a continuación (figura 2).



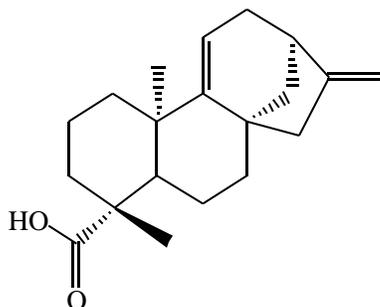
Figura 1. Muestra de las partes aéreas de *Coespeletia moritziana*



- R = - H, Acido *ent*-kaur-16-en-19-oico [V].
 R = - OCOCH₃, Acido 15 -acetoxi-*ent*-kaur-16-en-19-oico [III]
 R = -OH, Acido 15 -hidroxi-*ent*-kaur-16-en-19-oico [I]



Ácido 15a-(3-metoxi-3-metilbutanoato)-*ent*-kaur-16-en-19-oico [III]



Ácido *ent*-kaur-9(11),16-dien-19-oico [IV]

Figura 2. Diterpenoides aislados a partir de *Coespeletia moritziana*

Epoxidación del Ácido 15a-(3-metoxi-3-metilbutanoato)-*ent*-kaur-16-en-19-oico.

La presencia del producto epoxidado fue demostrado a través de sus espectros de RMN-¹H y RMN-¹³C, al comparar estos espectros con los espectros de los compuestos de partida.

Actividad antimicrobiana de los metabolitos obtenidos cromatográficamente.

La actividad antimicrobiana fue ensayada contra bacterias Gram positivas y Gram negativas. Estos microorganismos son morfológicamente y fisioló-

gicamente diferentes y los resultados obtenidos son representativos de la actividad antibacteriana del ácido kaurénico y sus derivados aislados a partir de *C. moritziana*.

La identificación de los cinco compuestos ácido kaurénico [V], ácido grandiflorenico [IV], ácido 15 - (3-metoxi-3-metilbutanoato)-*ent*-kaur-16-en-19-oico [III], ácido 15 -acetoxi-*ent*-kaurénico [II] y ácido grandiflorolico [I] fue realizada con base a el estudio de sus propiedades físicas y espectros de IR, Masas, RMN-¹H y de RMN-¹³C, aplicando técnicas bidimensionales y comparando con los datos reportados en la literatura.

La tabla N°1 muestra la actividad antimicrobiana de los compuestos mayoritarios presentes en *C. moritziana*, de los cuales solo el ácido kaurénico [V] y el ácido grandiflorenico [IV] mostraron moderada actividad frente a bacterias Gram positivas específicamente *Staphylococcus aureus*, con una CIM de 700 y 1600 µg/mL respectivamente. Resultados anteriores han mostrada que el ácido kaurénico y/o grandiflorenico presentan actividad antibacteriana, sin embargo, las dosis son diferentes, generalmente, requieren dosis menores a los 600 µg/mL Slimestad *et al.* (1995); Ghisalberti *et al.* (1997); Gutierrez *et al.* (1998); De Los Rios *et al.* (1999); Wilkens *et al.* (2002); Zgoda- Pols *et al.* (2002).

Los otros compuestos no han sido previamente estudiados a excepción del ácido 15- -acetoxi-*ent*-kaur-16en-19-oico, el cual mostro debil actividad antibacteriana frente *Staphylococcus aureus* (CIM 31,25 µg/mL) Gaspar *et al.* (2003). La actividad marginal mostrada por las funciones 15-hidroxil o 15-oxi-16-en del ácido kaurénico, muestra que estos sustituyentes afectan la actividad antibacteriana de manera desfavorable Ghisalberti *et al.* (1997).

Es de notar que la actividad antibacteriana del ácido *ent*-kaurénico y grandiflorenico han sido reportada por otros investigadores, sin embargo, las concentraciones minimas inhibitorias (definida como la cantidad mas pequeña de la sustancia requerida para inhibir el desarrollo del microorganismo) oscila entre 10-100 µg/mL, cabe destacar que en la mayoría

de los estudios de actividad antibacteriana el ácido kaurénico muestra mayor efectividad que el ácido grandiflorénico. Del mismo modo se muestra actividad solo para bacterias Gram positivas, por lo que probablemente, este resultado está relacionado con las diferencias en las estructuras químicas de la superficie que existe entre estos dos grupos de bacterias, como son la estructura, composición y permeabilidad de la *pared celular*.

el C-15 no mostraron actividad (no se han reportado estudios similares), posiblemente esta posición sea indispensable que se encuentre libre para la actividad de dichos compuestos. *S. aureus* es el agente etiológico de infecciones nosocomiales en el hombre, con una elevada tasa de resistencia a los antibióticos de origen sintético. En tal sentido, la actividad antibacteriana observada muestra un adelanto para el entendimiento de estos compuestos.

Tabla N° 1. Actividad antibacteriana de los ácidos kaurénicos presentes en *Coespeletia moritziana*.

MICROORGANISMOS	Muestras evaluadas					Zonas de inhibición (mm)					CIM (V) µg/mL	CIM (IV) µg/mL
	V	IV	III	II	I	(discos de 6mm de diámetro)						
						Control positivo: compuestos de referencia						
						AMP-S (10/10 µg)	VA (30 µg)	NET (30 µg)	AZT (30 µg)	CEF (75 µg)		
<i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 25923	13 mm	9 mm	NA	NA	NA	45	-	-	-	-	700	1600
<i>Enterococcus faecalis</i> ATCC 29212	NA	NA	NA	NA	NA	-	27	-	-	-	-	-
<i>Escherichia coli</i> ATCC 25922	NA	NA	NA	NA	NA	-	-	30	-	-	-	-
<i>Klebsiella pneumoniae</i> ATCC 23357	NA	NA	NA	NA	NA	-	-	-	46	-	-	-
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> ATCC 27853	NA	NA	NA	NA	NA	-	-	-	-	34	-	-

CONCLUSIONES

Se demostró que el uso de dimetildioxirano como reactivo oxidante es bastante eficiente, logrando epoxidar el doble enlace con un rendimiento del 95%, sin embargo, la reacción no mostró alta especificidad, ya que se formaron los derivados a y epoxidados del Ácido 15a-(3-metoxi-3-metilbutanoato)-*ent*-kaur-16-en-19-oico [III].

El análisis de actividad antibacteriana, mostró que los compuestos [IV] y [V] fueron activos frente a cepas de bacterias gram positivos (*S. aureus* [ATCC 25923]), como se esperaba por estudios anteriores, mientras que los derivados kaurénicos sustituidos en

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adam, W., Joachim, B., Hadjarapoglou, L. 1991. Convenient preparation of acetone solution of dimethyldioxirane. *Chem. Ber.*, 124, 2377.
- Batista, R., Humberto, J. L., Chiari, E., De Oliveira, A. B. 2007. Synthesis and trypanocidal activity of *ent*-kaurane glycosides. *Bioorg. Med. Chem.*, 15, 1, 381-91.
- Brieskorn, C. H., Pöhlmann, E. 1968. Diterpene vom kaurantyp aus der Compositae *Espeletia schultzii* (Wedd). *Tetrahedron Letters*, (54), 5661-5664.
- Coll, J., Bowden, B., 1986. The application of vacuum liquid chromatography to the separation of terpenes mixtures. *J. Nat. Prod.*, 49, 934-936.
- Dalo, N. L., Sosa-Sequera, M. C., Usubillaga, A. 2007. On the anticonvulsant activity of kaurenic acid. *Invest. Clin.* 48, 3, 349-58.
- De Los Rios, C., Hidalgo, B.D., Contreras, Q., Crescente, O., Caserta, A. 1999. Evaluación fitoquímica y actividad antibacteriana de las inflorescencias de *Espeletia schultzii* (Asteraceae). *Ciencia-Maracaibo*, 7, 72-77.
- Gaspar-Marques, G.C., Simões, M.F., Duarte, A., Rodríguez, B. 2003. Labdane and kaurane diterpenoids from *Plectranthus fruticosus*. *J. Nat. Prod.*, 66, 491-496.
- Ghisalberti, E.L. 1997. The biological activity of naturally occurring kaurane diterpenes. *Fitoterapia*. LXVIII, 4, 303-325.
- Gil, F., De La Iglesia, R., Mendoza, L., Gonzalez, B., Wilkens, M. Soil. 2006. Bacteria are differentially affected by the resin of the medicinal plant *Pseudognaphalium vira vira* and its main component kaurenic acid. *Microb. Ecol.*, 52, 1, 10-8.
- Gutiérrez, S. R., Fuentes, O., Téllez, A. N., Torrenegra, R. 1998. Principios activos antibacterianos de *Espeletia barclayana*. *Rev. Latinoamer. Quím.*, 26(3), 71-74.
- Kuiate, J., Bessièrre, J. M., Zollo, H.P., Kuate, P. S. 2006. Chemical composition and antidermatophytic properties of volatile fractions of hexanic extract from leaves of *Cupressus lusitannica* Mill. from Cameroon. *J. Ethnopharmacol.*, 103, 160-165.
- Peña, A., Alarcón, L., Usubillaga, A. 2008. Ent-15a-(3-methoxy-3-methyl-butanoyl)-kaur-16-en-19-oic acid a new *ent*-kaurenic acid derivative isolated from *Coespeletia moritziana* (Sch. Bip. ex Wedd) Cuatrec. (Asteraceae). *Avances en Química*, 3(3), 95-97.
- Piozzi, F., Sprio, V., Passannanti, S. & Mondelli, R. 1968. Estructure of Grandifloric acid. *Gazz. Chim. Ital* 98, 907-910.
- Ruiz, Y., Rodrigues, J., Arvelo, F., Usubillaga, A., Monsalve, M., Diez, N., Galindo-Castro, I. 2007. Cytotoxic and apoptosis-inducing effect of ent-15-oxo-kaur-16-en-19-oic acid, a derivative of grandiflorolic acid from *Espeletia schultzii*. *Phytochemistry*.
- Ryu, S. Y., Ahn, J. W., Han, Y. N., Han, B. H., Kim, S. H. 1996. In vitro antitumor activity of diterpenes from *Aralia cordata*. *Arch. Pharmacol. Res.*, 19, 77-78.
- Slimestad, R., Marston, A., Mavi, S., Hostettmann, K. 1995. Larvicidal constituents of *Melantheria albinervia*. *Planta Medica*, 61(6), 562-563.
- Sosa, S.M., Sosa, C.B., Usubillaga, A., Escallona, A., Suarez, O., Reyna, R., Pascuzzo, C. Antitumorogenic effect of kaurenic acid on melanoma B16F1. VI World Conference on Clinical Pharmacology and therapeutics, Buenos Aires, August. 1996.
- Takahashi, J. A., Pereira, C. R., Pimenta, L. P., Boaventura, M. A., Silva, L. G. 2006. Antibacterial activity of eight Brazilian annonaceae plants. *Nat. Prod. Res.* 20, 1, 21-6.
- Veiga Junior, V. F., Rosas, E. C., Carvalho, M. V., Henriques, M. G., Pinto, A. C. 2007. Chemical

composition and anti-inflammatory activity of copaiba oils from *Copaifera cearensis* Huber ex Ducke, *Copaifera reticulata* Ducke and *Copaifera multijuga* Hayne--a comparative study. *J. Ethnopharmacol.* 112, 2, 248-54.

Wilkens, M., Alarcón, C., Urzúa, A., Mendoza, L. 2002. Characterization of bacterial activity of the natural diterpene kaurenic acid. *Planta Med.*, 68(5), 452-454.

Zgoda- Pols, J., Freyer, A.J., Killmer, L.B., Porter, J.R. 2002. Antimicrobial diterpenes from the stem bark of *Mitrephora celebica*. *Fitoterapia*, 73, 434-438.

**OBTENCIÓN DE UN MEDIO DE CULTIVO LÍQUIDO EXPERIMENTAL
AUTÓCTONO DE ENRIQUECIMIENTO PARA *Lactobacillus plantarum***

**OBTAINING AN AUTOCTONOUS EXPERIMENTAL LIQUID CULTURE
ENRICHMENT MEDIUM FOR *Lactobacillus plantarum***

Recibido: 15-11-2008 / Aceptado: 16-03-2009

Víctor E. Pérez Guaina

Profesor (MSc., U.C.V-Caracas), adscrito al Programa Ciencias del Agro y del Mar del Vicerrectorado de Infraestructura y Procesos Industriales, UNELLEZ-San Carlos, estado Cojedes, Venezuela. Email: victorguaina@cantv.net

RESUMEN

En la producción de alimentos fermentados se utilizan especialmente cultivos de bacterias acidolácticas y, actualmente, para la obtención de estos grupos de microorganismos se necesita del uso de medios de cultivo altamente costosos disponibles en el mercado comercial. En el presente trabajo se diseñó un medio de enriquecimiento experimental con utilización de sustratos baratos y disponibles en la población de San Carlos, Estado Cojedes, con el cual se podrá producir biomasa de estas bacterias. La investigación se rigió con un Diseño Compuesto Central Ortogonal para tres factores y cinco niveles de experimentación en cada factor, además se evaluó el crecimiento en este medio de enriquecimiento de una especie de lactobacilo más ampliamente utilizado en el proceso de fermentación de los alimentos (*Lactobacillus plantarum*). Los factores experimentales evaluados en la presente investigación fueron X1 (volumen de leche pasteurizada), X2 (gramos de peptona) y X3 (gramos de extracto de levadura). El recuento de la biomasa después de 3-4 días de incubación fue del orden de 10^6 y que es suficiente para inocular cualquier sustrato láctico o cárnico. Las cantidades de extracto de levadura no influyeron de manera significativa en la respuesta (biomasa), mientras que las cantidades de peptona y leche pasteurizada sí influyeron significativamente en la variable respuesta. Según la gráfica de superficie de respuesta, la leche pasteurizada influye más que la peptona en la población del microorganismo evaluado. Según el análisis de varianza, se observa una alta significación para los efectos del tratamiento y regresión del modelo, a excepción del factor independiente “extracto de levadura”.

Palabras clave: Bacterias acidolácticas, medio de cultivo, biomasa

SUMMARY

Acido-lactic bacterial cultures are mainly utilized during the production of fermented food, and currently, in order to obtain such microorganism groups it is necessary to utilize highly expensive culture media from commerce. An experimental enrichment medium was designed in this research by implementing the use of inexpensive substrate materials currently available in the San Carlos, Cojedes state area, by means of which it will be possible to produce biomass of these bacteria. An Orthogonal Central Compound Design for three factors and five experimental levels for each factor was used in this research; additionally, the growth of a more widely used species of lactobacillus used in the food fermentation process (*Lactobacillus plantarum*) in this enrichment medium was also evaluated. The present's investigation evaluated experimental factors were X1 (pasteurized milk volume), X2 (number of peptone grams) and X3 (number of yeast extract grams). The biomass count after 3-4 days was in the 10^6 order of magnitude which is sufficient enough to inoculate any dairy or meat-based substrate. The actual amount of yeast extract did not influence the response (biomass) in a significant way, whereas the amount of peptone and pasteurized milk did significantly influence the response. The surface response graph indicates that the amount of pasteurized milk has more influence than the peptone amount on the evaluated microbial population. Variance analysis indicates a high significance for the treatment effects as well as the model regression, except for the independent factor “yeast amount”.

Keywords: Lactic acid bacteria, culture media, biomass

INTRODUCTION

En la producción de alimentos se utilizan especialmente cultivos de bacterias acidolácticas, de acuerdo con los objetivos perseguidos. El repertorio de microorganismos utilizables se ha ido ampliando paso a paso en la esfera de la industria de los alimentos tras la detallada comprobación de su inocuidad sanitaria. La producción de cultivos de gérmenes, especialmente *Lactobacillus plantarum* y otras bacterias acidolácticas, puede efectuarse de manera tanto continua como discontinua. El procedimiento a elegir depende de la cantidad de biomasa a producir y de la especie del microorganismo. En último extremo decide la economía de la producción sobre la elección del procedimiento (Benno, 1986).

La optimización de estos medios en la mayoría de los casos ha sido efectuada mediante procedimientos de prueba y error, no sólo en la formulación del medio de cultivo, sino también en las condiciones de operación. Por todo ello, se detecta la necesidad de obtener una formulación racional, uso de materias primas de bajo costo, que sea económica y sencilla la producción de un medio que sirva para el aumento de la población de la flora láctica que posteriormente se vaya a utilizar en la producción de alimentos fermentados en general.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para el desarrollo del trabajo se utilizaron los siguientes sustratos para la formulación del medio líquido experimental de enriquecimiento y que fueron adquiridos en el mercado comercial de la población de San Carlos Edo. Cojedes: materiales vegetales como repollo (*Brassica oleracea*) y hojas de lechuga fresca (*Lactuca sativa* L.); zumo de tomates (*Lycopersicum esculentum*) cultivar perita, híbrido Allegro, totalmente maduros, de color rojo intenso; cloruro de sodio (sal común comestible), grado consumo humano, granulado fino grado 2, marca

BAHIA; sorbato de potasio de la marca comercial MERCK, grado técnico con una pureza de 98,5%; extracto de levadura de la marca comercial Himedia; peptona del tipo universal de la casa comercial MERCK; Nitrito de sodio al 99% de pureza; leche pasteurizada y homogenizada.

Cuadro 1. Formulación base para elaborar el medio de enriquecimiento experimental para *Lactobacillus plantarum* (Biomasa).

INGREDIENTES	PESO (g).
Zumo de tomates.	250 g (11,5%).
Sal (NaCl).	50 g (2%).
Sorbato de potasio.	5 g (0,25%).
Hojas de repollo frescos.	815 g (40%).
Hojas de lechuga fresca.	715 g (35%).
Extracto de levadura.	7 g (0,35%).
Peptona.	3 g (0,15%).
Nitrito de sodio.	300 mg (150 ppm).
Leche pasteurizada.	150 ml (10,75%).
TOTAL DE MEDIO LÍQUIDO.	2 kg

Fuente: Obtenido de la prueba piloto en el laboratorio con el mejor resultado en biomasa y de los valores obtenidos por Ávila (2005).

El repollo y la lechuga se lavaron con agua de chorro filtrada, se trocó en trizas de sección mínima con un cuchillo. El zumo de tomate se preparó en un homogenizador "Osterizer" (licuadora) por 3 minutos a máxima velocidad incluyendo las semillas, al zumo se le adicionó la sal (NaCl comercial), sorbato de potasio, nitrito de sodio, extracto de levadura, peptona y la leche pasteurizada fría en las cantidades especificadas en el cuadro anterior. Todos los componentes se homogenizaron por 3 minutos adicionales a máxima velocidad en la licuadora junto con el jugo de tomate para facilitar su disolución. El zumo enriquecido se adicionó al repollo y lechuga y continuamente se mezcló hasta que se observó salida

abundante de líquido celular y vascular de los vegetales de manera tal que los componentes estuvieron totalmente disueltos y bien mezclados (3 minutos de mezcla adicional). Una vez logrado este paso de la preparación, se procedió a la esterilización por autoclave del líquido de enriquecimiento para posteriormente ser inoculado, una vez frío, por *Lactobacillus plantarum* procedente de la Escuela de Biología de la UCV, ubicada en Caracas Venezuela. Se hizo el procedimiento correspondiente para desarrollar la biomasa partiendo de un inóculo inicial pequeño en tubos de ensayo (de capacidad 10 ml con medio de enriquecimiento experimental) hasta su culminación en frascos de erlenmeyer más grandes de hasta 2 litros de capacidad. De esta manera se pretendió lograr aumentar la biomasa a una población final del orden de 10^7 células/ml.

Diseño del experimento.

La investigación proyectada fue de carácter experimental y exploratoria, bajo condiciones de laboratorio controladas y organizadas en un diseño estadístico de superficie de respuesta. Los datos obtenidos se utilizaron en la obtención de modelos lineales de segundo orden.

Para la determinación del pH y la acidez, se cuantificaron de acuerdo con las técnicas recomendadas a continuación:

Acidez	COVENIN 1151-77
pH	COVENIN 1315-79
Recuento de mohos y levaduras	COVENIN 1337-90
Aerobios totales	COVENIN 902 78
Sólidos solubles	COVENIN 974-77

Cuadro 2. Niveles o dosis naturales de los tratamientos para tres factores experimentales.

Factores Experimentales	Niveles codificados/naturales				
	-1.47119	-1	0	+1	+1.47119
X ₁ : [mililitros de leche]	50	66,02	100	133,98	150
X ₂ : [gramos de peptona]	1	1,64	3	4,36	5
X ₃ : [gramos de extracto de levadura]	4	4,96	7	9,04	10

Análisis estadísticos de los datos

Los análisis estadísticos se realizaron con el software SAS v.08, Statistica v.06 y JMP v.04. El procedimiento de modelos lineales generales (PROC GLM), se utilizó en la determinación de las sumas de cuadrados de las fuentes de variación y PROC RSREG para el análisis canónico y Ridge (Draper y Smith, 1981). PROC ORTHOREG (transformación Gentleman-Givens) para contrastar la calidad de los coeficientes regresores del modelo (Dempster y col., 1977; Jennrich y col., 1976).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

La prueba piloto realizada en el laboratorio de Microbiología de la UNELLEZ arrojó una población de *Lactobacillus plantarum* del orden de 107 UFC/ml en el medio experimental usando la formulación especificada en el cuadro N° 2 en aproximadamente 4 días de incubación, en condiciones normales de laboratorio (37°C).

Cuadro 3. Análisis de Varianza para las variables evaluadas.

	SS	df	MS	F	P	
(1)X1(L)	0,048178	1	0,048178	197,3394	0,000000	**
X1((Q)	0,011755	1	0,011755	48,1416	0,000068	**
(2)X2(L)	0,000293	1	0,000293	1,2004	0,301686	n.s.
X2(Q)	0,001440	1	0,001440	5,8974	0,038078	*
(3)X3(L)	0,000105	1	0,000105	0,4306	0,528091	n.s.
X3(Q)	0,000694	1	0,000694	2,8444	0,125970	n.s.
1L by 2L	0,000002	1	0,000002	0,0100	0,922716	n.s.
1L by 3L	0,000002	1	0,000002	0,0100	0,922716	n.s.
2L by 3L	0,000162	1	0,000162	0,6635	0,436357	n.s.
Error	0,002197	9	0,000244			
Total SS	0,064832	18				

SS: Suma de cuadrados, **df:** Grados de libertad, **MS:** Cuadrado medio, **F:** Estadístico de Fischer, **P:** Nivel de significación, ****:** Muy significativo, *****: Significativo. Tomando como significativo los valores de P 0,05, **n.s:** No significativo.

De acuerdo a los resultados obtenidos en los distintos tratamientos estudiados a través del análisis de varianza para la variable respuesta (biomasa ó población), se observa una alta significación para los efectos del tratamiento y regresión del modelo, a excepción del factor independiente “extracto de

levadura (X3)", ya que al separar los efectos de los términos de regresión, se determina que sólo la variable "extracto de levadura" y todas sus interacciones son no significativas estadísticamente. La variable X3 (extracto de levadura) no ejerce influencia significativa sobre los resultados, en cambio X1 (leche pasteurizada) y X2 (peptona) sí tienen influencia sobre el valor de la variable dependiente (biomasa). La variable X1 (leche pasteurizada) tiene mayor influencia significativa sobre el valor de biomasa en comparación con la variable X2 (peptona); de hecho, al trabajar con una formulación distinta a la arrojada por el diseño (prueba piloto) aumentando sólo la cantidad de leche pasteurizada (215 ml), se logró aumentar la biomasa de *Lactobacillus plantarum* en una unidad logarítmica más (orden de 10^7), lo que significa que este sustrato (leche) contiene nutrientes esenciales, no sólo para el microorganismo evaluado, sino para otras bacterias pertenecientes al grupo de los lactobacilos.

De la misma, la variable X1 (leche pasteurizada) tiene mayor influencia significativa sobre la variable respuesta (biomasa) en comparación con la variable X2 (peptona) y que la variable X3 (extracto de levadura) no ejerce ninguna influencia significativa sobre los resultados; habría que ensayarse con otros valores de extracto de levadura para observar alguna influencia sobre el crecimiento de *Lactobacillus plantarum*, o en su defecto, no sería necesario usar este ingrediente en la formulación y, de esta manera, se abarataría aún más los costos en la elaboración de este medio de enriquecimiento (recomendación para trabajos similares). La población microbiana o biomasa de *Lactobacillus plantarum* lograda fue del orden de 10^6 UFC/ml (6 seis unidades logarítmicas) con las diferentes formulaciones de las variables. Este valor fue inferior al esperado si se compara con la biomasa obtenida en el medio experimental sin esterilizar por calor (autoclave), debido a que probablemente algunos componentes nutricionales naturales de los ingredientes se destruyen por el calor. Sin embargo, este valor ya se considera como biomasa microbiana por estar por encima de una población del orden de 10^5 UFC/ml.

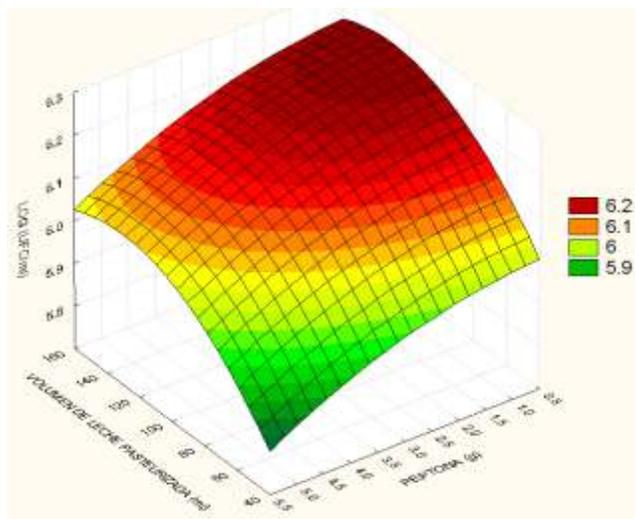


Figura 1. Superficie de respuesta.

SUPERFICIE DE RESPUESTA

$$\text{LOG}(y) = 5.731462 + 0.008065 * X1 - 0.000031 * X1^2 - 0.006706 * X2^2$$

MINIMO DE LA SUPERFICIE:

$$5.889562000, \{ \{ x1 = 50., x2 = 5. \}, 5.889562000 \}$$

MÁXIMO DE LA SUPERFICIE:

$$6.249306202, \{ \{ x1 = 130.0806452, x2 = 1. \}, 6.249306202 \}$$

La figura anterior muestra el efecto que tienen las variables "leche pasteurizada" y "peptona" sobre la respuesta de rendimiento, no considerando la variable "extracto de levadura" debido a la poca contribución que presenta este factor a la variabilidad de la respuesta rendimiento. De la figura de respuesta generada se observa que a medida que se aumenta el volumen de leche pasteurizada también aumenta la población del microorganismo objeto de estudio; de igual manera sucede con la variable "peptona" cuyo comportamiento es similar. También se observa que el óptimo está cerca de 160 ml de leche y 0,5 g de peptona, indicando que no es necesaria la adición de alta cantidad de peptona para lograr una buena biomasa de este microorganismo en particular; una vez más la variable "leche pasteurizada" es la que está determinando un aumento de la población bacteriana a medida que se aumenta su cantidad. También la gráfica está mostrando el mínimo y el máximo de la superficie.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Por los resultados en el recuento de la biomasa al cabo del tiempo de incubación (de 3 a 4 días por cada volumen creciente de medio de enriquecimiento), se concluye que se obtuvo una cantidad de población de *Lactobacillus plantarum* aceptable (del orden de 10^6) y que es suficiente para inocular cualquier sustrato láctico o cárnico para un proceso de fermentación.
- El proceso de esterilización del medio de enriquecimiento experimental fue eficiente por cuanto no se detectó flora fúngica ni aerobios después de valorarlo según el procedimiento establecido por la norma COVENIN para cada caso.
- Los recuentos o biomasa de *Lactobacillus plantarum* en el medio esterilizado por autoclave fueron menores (10^6) que la biomasa de flora acidoláctica natural (especies de lactobacilos y estreptococos) obtenida en el medio no esterilizado (orden de 10^7) debido a que probablemente el calor destruye algunos componentes nutricionales básicos que necesitan para el metabolismo respiratorio. Es importante destacar que los microorganismos lácticos se encuentran naturalmente presentes en los productos lácteos y vegetales (flora epifítica) donde naturalmente utilizan los nutrientes de esos sustratos y se sobreponen en población a la flora microbiana competitiva existente.
- Las cantidades de peptona y leche pasteurizada sí influyeron significativamente en la variable respuesta, como se observa en la gráfica de Superficie de Respuesta y, de estos dos componentes, la leche pasteurizada influye mayor que la peptona en la población del microorganismo evaluado. También se observó, en un experimento adicional y fuera de la formulación arrojada por el diseño, que aumentando sólo la cantidad de leche pasteurizada en la formulación (215 ml) la población de *Lactobacillus plantarum* aumentó una unidad logarítmica más (orden de 10^7); lo que se demuestra la eficiencia de estos sustratos lácticos en el desarrollo de microorganismos pertenecientes a este grupo, posiblemente también por la presencia de factores esenciales de crecimiento que probablemente se destruyan por el uso de la esterilización por autoclave.
- Se recomienda realizar este estudio, en otro trabajo relacionado, usando el medio de enriquecimiento pero sin esterilización con calor en autoclave para observar si existe diferencia en cuanto al desarrollo de la biomasa con *Lactobacillus plantarum* y otras bacterias lácticas. Para ello, podría usarse otros inhibidores de mohos, levaduras y bacterias indeseables, además del sorbato de potasio en diferentes cantidades y ver cuál es el efecto sobre la biomasa a obtener.
- Este estudio se podría ampliar variando otras condiciones de trabajo como la temperatura de incubación para la formación de la biomasa, o la cantidad de repollo y lechuga, de manera tal de observar si hay influencia sobre la cantidad de microorganismos formados (biomasa). Para este trabajo se usó la temperatura normal del Laboratorio de Microbiología (37°C) para la incubación. También se podría variar el tiempo de exposición a diferentes temperaturas (tiempo de incubación en horas o días) para determinar si hay variación en los resultados.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ávila, 2005. "Utilización de un diseño de superficie de respuesta de Lucas en la optimización del proceso de producción de biomasa acidoláctica.
- Benno K. 1986. Cultivo de microorganismos para la producción de alimentos. Editorial Acribia, S. A. Zaragoza - España. COVENIN. 1990. Norma Venezolana 1337 - 90. Método para recuento de mohos y levaduras. Ministerio de Fomento, Caracas. 6 p.
- COVENIN. 1987. Norma venezolana 902 - 87. Método para recuento de microorganismos aerobios en placas de Petri. Comisión

Venezolana de Normas Industriales. Caracas.
4 p. Dempster, A. P., Laird, N. M., & Rubin, D.
B. 1977. Maximum likelihood from
incomplete data via the EM algorithm.
Journal of the Royal Statistical Society, 39, 1-
38.

Draper, N, and Smith. 1981. Applied regression
analysis. 2da Ed, John Wiley and Sons. New
York. USA.

**TECNICAS GRAFICAS DINAMICAS DE CO-OPTIMIZACIÓN,
ASISTIDA POR COMPUTADORA (TGDCo.AC)**

**COMPUTER ASSISTED TECHNIQUE GRAPH DYNAMICS FOR
CO-OPTIMIZATION (TGDCo.AC).**

Recibido: 07-12-2008 / Aceptado: 26-03-2009

Enrique Ávila, C.

Profesor Asistente. Adscrito al Programa Ciencias del Agro y del Mar. Vicerrectorado de Infraestructura y Procesos Industriales. UNELLEZ-San Carlos, Estado Cojedes, Venezuela. e-mail: *enriqueavila@cantv.net*

RESUMEN

Se co-optimizó un bioproceso, utilizando técnicas gráficas dinámicas, asistidas con el software JMP. Las gráficas dinámicas de simulación se generaron con modelos lineales múltiples cuadráticos con interacciones de primer orden. El diseño experimental fue un compuesto central ortogonal pequeño de Draper-Lin para 4 factores experimentales, Los bioreactores microaerófilo contenían repollo troceado, combinando 4 factores experimentales: Jugo de tomate, extracto de levadura, peptona y el tiempo de bio-reacción. Para hacer selectivo el medio a la FEBAL y minimizar el crecimiento de mohos y de bacterias patógenas, se agregó cloruro de sodio, sorbato de potasio y nitrito de sodio. La co-optimización predijo que se puede maximizar la biomasa a 10^9 ufc/ml, minimizar el pH a 3,8 y maximizar la acidez en 1,1%; con 200 ml de jugo de tomate, 6 gramos de extracto de levadura, 2 gramos de peptona, en 70 horas. Las técnicas de gráficas dinámicas de simulación, muestran ser procedimientos eficientes para co-optimizar.

Palabras clave: Metodología de superficie de respuesta. Optimización, Biomasa, Bacterias ácido lácticas.

SUMMARY

A bioprocess was co-optimized, using dynamic technical graphs, assisted with the software JMP. The dynamic graphs of simulation were generated with multiple linear models, quadratics with interactions of first order. The experimental design was a small central orthogonal of Draper-Lin for four experimental factors. The microairfile bio-reactors contained chopped cabbage combining 4 experimental factors: tomato juice, yeast extract, peptone and time of bio-reaction. To make the medium selective to the FEBAL and to minimize the growth of molds and pathogen bacteria, sodium chloride, potassium sorbate and sodium nitrite were added. The co-optimization predicted that biomass can be maximized to 10^9 cfu/ml, minimize the pH to 3.8 and maximize the acidity to 1.1% with 200 ml of tomato juice, 6 g of yeast extract, 2 g of peptone, in 70 hours. The dynamic technical graphs showed to be efficient to co-optimization.

Key words: Response surface methodology, optimization, biomass, lactic acid bacteria.

INTRODUCCION

Generalmente la forma de una función o modelo poblacional que ajuste a un proceso biométrico en estudio, donde se manejan simultáneamente múltiples respuestas y múltiples factores experimentales, es muy compleja o desconocida, y como generalmente los procesos biométricos se saturan en el tiempo o sea alcanza un máximo (mínimo) y luego cae (sube), originando un efecto de curvatura, entonces es necesario y común que se aproxime la función en términos de un polinomio de segundo orden; siendo esto una de los fundamentos de la metodología de superficie de respuesta. Usándose esta función polinómica para describir la superficie de respuesta del modelo, estudiar su naturaleza, predecir condiciones y co-optimizar.

Con estos modelos podemos buscar soluciones óptimas operativas, que pueden ser obtenidos por varios métodos: Métodos convencionales matemáticos, gráficos o matemáticos-gráficos mejorados (gráficos dinámicos de simulación). Los software estadísticos actuales incorporan técnicas del diseño experimental, estadísticas, matemáticas y graficas mejoradas, que usadas en forma conjunta permiten realizar procesos de co-optimización; representando varios modelos (sabanas) en una sola grafica tridimensional (www.software-shop.com/products/statgraphics.htm, 2006); proyectar las sabanas o modelos anteriores en superficies bidimensionales de contornos dinámicos de multi respuesta y multi factores (www.JMPdiscoverycustomer.com, 2006); representar perfiles bidimensionales dinámicos de multi respuesta y multi factores, controlados con funciones de perdidas, produciendo perfiles de deseabilidad (JMP, 2006; Madhumohan,2004; Evans. L, 1982; Maddox. L, 1977).

Con base a esto, se planteo el objetivo de la

investigacion que consistio en utilizar tecnicas graficas dinamicas de co-optimizacion, asistidas por computadora (TGDCo.CA) con el software estadistica y JMP en la co-optimizacion de la produccion de flora epifita bacteriana acido lactica (FEBAL) nativa del repollo, modelando el proceso biometrico con una regresion lineal multiple cuadratico con interacciones de primer orden; que para 4 factores experimentales X_1, X_2, X_3, X_4 y una respuesta el cual tendra la siguiente estructura:

$$= 0 + {}_1X_1 + {}_2X_2 + {}_3X_3 + {}_4X_4 + {}_{11}X_1^2 + {}_{22}X_2^2 + {}_{33}X_3^2 + {}_{44}X_4^2 + {}_{12}X_1X_2 + {}_{13}X_1X_3 + {}_{14}X_1X_4 + {}_{23}X_2X_3 + {}_{24}X_2X_4 + {}_{34}X_3X_4.$$

REVISIÓN BIBLIOGRAFICA.

Métodos de co-optimización de aproximación grafica mejorada.

Esta aproximación se origina con una idea que presentó Box (1954) y discutida mas ampliamente por Box y Youle, 1955, y Jonson y Leonel, 1964. La idea básica consistió en representar tres factores experimentales para un valor de una respuesta en una sola grafica tridimensional, montando varias sabanas (cada sabana un valor fijo de respuesta) y; examinar el comportamiento de la respuesta, cuando los tres factores varían simultáneamente. Los trabajos iniciales se observan que tienen gran laboriosidad, sin embargo con el avance de la tecnología computarizada, puede ser simplificada, utilizando software estadísticos-matemáticos-gráficos.

Las bondades graficas de estas plataformas, se magnifican al utilizar el artificio matemáticos anterior; por ejemplo, se tiene una función o modelo poblacional $pH = f(X_1, X_2, X_3, X_4)$; al representar esta función en la forma tradicional, tendremos una sabana donde en el eje Z se mostrará la respuesta pH, en el eje X el factor experimental X_1 , en el eje Y, el factor experimental X_2 , el tercer y mas factores se fijan en un valor dentro del rango experimental. La sabana ajustada (modelo) representa la variabilidad de la respuesta pH, dentro de los límites experimentales de X_1, X_2 , para valores fijos de los demás factores experimentales (X_3, X_4, \dots, X_n); sin embargo sí hacemos un re arreglo de la función, y seleccionamos un factor experimental clave en el proceso como por ejemplo X_1 ; así $X_1 = f(pH, X_2, X_3,$

X_4); y si fijamos un valor deseado de respuesta pH, y hacemos esto para otros valores de pH, tendremos varios modelos, uno para cada valor de pH deseado. Si se “montan” las grafica de superficie de respuesta o sabanas en una sola grafica tridimensional, esto representará la variabilidad conjunta de los factores experimentales, donde cualquier punto en una sabana se corresponde con un valor de respuesta fijo; entonces podemos optimizar los factores experimentales para rangos de respuestas deseadas especificas. Esto puede hacerse conjuntamente para otras respuestas, de tal forma que al obtener las isocuantas y sobre imponerlas, podemos co-optimizar.

Para determinar los valores o combinación de los factores experimentales, para un valores dados de respuestas especificas, se proyectan las superficies de contornos (isocuantas), por ejemplo de X_1 (eje Z), para un valor fijo de respuesta y; cualquier punto dentro de ella se corresponde con la combinación de los factores X_2 y X_3 , sabiendo que el resto de factores experimentales están fijados en valores deseados.

Aplicando el artificio anterior propuesto, podemos explorar mejor la naturaleza de nuestro modelo poblacional y co-optimizar el proceso bajo estudio, para un valor fijo de una o varias respuestas. Las técnicas graficas mejoradas pueden realizarse en forma cómoda con el software JMP. El software JMP industrial (www.jmpdiscoverycustomer.com, 2006), este programa es un apéndice estructural del sistema SAS pero muy especializado para el área de control y co-optimización industrial. Posee plataforma de diseño y análisis de MSR, control de calidad, control de procesos, grafico, y; de especial interés es la plataforma de co-optimización como son los gráficos dinámicos de perfiles multi respuesta y funciones de deseabilidad, que permiten simular el proceso, así también dispone de un sistema de graficación de modelos, proyectados en superficies de contornos multi respuesta multifactorial que permite simular y co-optimizar.

MATERIALES Y METODOS.

Artificio de co-optimización.

El modelo poblacional para 4 factores experimentales X_1, X_2, X_3, X_4 . y una respuesta pH, se

generaron con diseño y análisis de superficie de respuesta, con el software jmp:

$$pH = 0 + 1X_1 + 2X_2 + 3X_3 + 4X_4 + 11X_1^2 + 22X_2^2 + 33X_3^2 + 44X_4^2 + 12X_1X_2 + 13X_1X_3 + 14X_1X_4 + 23X_2X_3 + 24X_2X_4 + 34X_3X_4$$

La idea básica de la técnica grafica mejorada consiste en arreglar la función como una ecuación cuadrática pura: $AX_i^2 + BX_i + C = 0$, respecto a un factor experimental.

Suponiendo que deseamos optimizar la respuesta pH en un valor de 3,3; y que los dos factores mas importantes son X_1, X_2 y X_3 ; y que el factor X_4 se mantendrá fijo en 70 horas mínimo. Con base al modelo anterior, sustituyendo y re arreglando, tendremos un modelo con solo tres variables X_1, X_2 y X_3 ; ya que los valores fijos se juntan y se suman al β_0 y se convertirá en (β_{0M}) además los β_{ij} de los factores X_4 se modificaran a β_{ijM} :

$$3,3 = 0 + 1X_1 + 2X_2 + 3X_3 + 4(70) + 11X_1^2 + 22X_2^2 + 33X_3^2 + 44(70)^2 + 12X_1X_2 + 13X_1X_3 + 14X_1(70) + 23X_2X_3 + 24X_2(70) + 34X_1(X_4)$$

Así:

$$0 = \beta_{3,3} + 0 + 4(70) + 44(70)^2 + [1X_1 + 14M X_1] + [2X_2 + 24M X_2] + [3X_3 + 34M X_3] + 11X_1^2 + 22X_2^2 + 33X_3^2 + 12X_1X_2 + 13X_1X_3 + 23X_2X_3.$$

$$0 = 0M + [1 + 14M] X_1 + [2 + 24M] X_2 + [3 + 34M] X_3 + 11X_1^2 + 22X_2^2 + 33X_3^2 + 12X_1X_2 + 13X_1X_3 + 23X_2X_3.$$

$$0 = 0M + 114M X_1 + 224M X_2 + 334M X_3 + 11X_1^2 + 22X_2^2 + 33X_3^2 + 12X_1X_2 + 13X_1X_3 + 23X_2X_3.$$

Para poder graficar requerimos despejar un factor experimental en función de los otros, pero dado la dificultad, arreglamos la ecuación como una función cuadrática pura; por ejemplo respecto a X_1 .

$$(11)X_1^2 + (114M + 12X_2 + 13X_3) X_1 + (0M + 224M X_2 + 334M X_3 + 22X_2^2 + 33X_3^2 + 23X_2X_3) = 0$$

Aplicando para resolver:

$$X_i = \frac{- B \pm \sqrt{ B^2 - 4 AC }}{ 2 A }$$

Aquí $A = (11)$, $B = (114M + 12X_2 + 13X_3)$ y

$$C = (0M + 224M X_2 + 334M X_3 + 22X_2^2 + 33X_3^2 + 23X_2X_3).$$

Para generar las superficies, bajo las condiciones dadas; se construye una rejilla (sabana) de valores de X_1 para valores fijos de X_2 y X_3 ; con el modelo

obtenido:

$$X_1 = \left\{ - (114M + 12X_2 + 13X_3) \pm \left[(114M + 12X_2 + 13X_3)^2 - 4(11)(0M + 224M X_2 + 334M X_3 - 22X_2^2 + 33X_3^2 + 23X_2 X_3) \right]^{0,5} \right\} / 2(11)$$

Este artificio al incorporarlo a los software; y una vez que se le dan las restricciones anteriormente indicadas, resuelve la ecuación planteada, generando las superficies de respuesta y luego al proyectarlas al plano, se obtienen las curvas de contornos y perfiles de deseabilidad. La técnica grafica mejorada asistida por computadora, reduce drásticamente el esfuerzo y el tiempo necesario para la co-optimización de investigaciones con múltiples respuestas y múltiples factores experimentales.

El cuadro 1 muestra la matriz de diseño de tratamientos con las respuestas **ufc/ml**, **pH** y **acidez titulable total** del medio de bioreacción; Los factores experimentales: X_1 = Jugo de tomate, X_2 = Extracto de levadura, X_3 = Peptona y X_4 = tiempo de bioreacción.

RESULTADOS Y DISCUSION

Cuadro 1. Matriz “D” de diseño de tratamientos.

Treat.	X1 gr.	X2 gr.	X3 gr.	X4 horas	Biomasa (Ufc/ml)	pH	Acidez (%)
6	140	4	2,8	40	2,5E8	4,2	0,7
9	102,6	6	2	70	4,6E8	3,6	1,2
17	200	6	2	70	9,9E8	3,8	1,0
7	140	8	2,8	100	2,9E8	3,5	1,4
17	200	6	2	70	9,5E8	3,5	1,1
16	200	6	2	118,7	4,4E8	3,2	1,5
15	200	6	2	21,3	2,3E8	4,7	0,4
4	140	8	2,8	100	4,6E8	4,0	1,4
1	260	8	1,2	40	2,1E8	3,5	0,8
10	297,4	6	2	70	6,3E8	3,6	1,2
17	200	6	2	70	9,5E8	3,5	1,1
14	200	6	3	70	7,0E8	3,7	1,1
11	200	2,7	2	70	4,7E8	3,7	1,0
17	200	6	2	70	9,6E8	3,6	1,2
8	140	4	1,2	40	4,5E8	4,0	0,7
17	200	6	2	70	9,4E8	3,6	1,1
5	260	4	1,2	100	3,6E8	3,4	1,3
3	260	4	2,8	100	6,2E8	3,3	1,4
2	260	8	1,2	40	3,6E8	4,0	0,7
12	200	9,3	2	70	2,0E8	3,7	1,1
13	200	6	1	70	4,3E8	3,5	1,1
17	200	6	2	70	9,6E8	3,5	1,1

Una vez obtenidos los coeficientes regresores de los modelos para las respuestas **ufc/ml**, **pH** y **Acidez titulable total** (Cuadro 2, 3 y 4); estudiado su bondad de ajuste, la naturaleza de la superficie (análisis

canónico y rigde), comprobado los supuestos de los errores y el análisis de la varianza para la significancia de cada termino, tratamientos, regresión; y el valor del coeficiente de regresión; se acepta que los modelos ajustan bien al proceso biométrico bajo estudio.

Cuadro 2. Coeficientes regresores del modelo ajustado para la respuesta ufc/ml.

Términos	βi	Error Estándar	t	Prob.> t	Bajo 95%	superior 95%	Std. Beta	VIF
Intercepto	608325866	1,6441e8	3,70	0,0077	219555276	997096457	0	--
X1	872689,94	452406	1,93	0,0951	-197080,3	1942460,2	0,147909	2,517905
X2	-40909091	13352832	-3,06	0,0182	-72483522	-9,334766	-0,23263	2,4692378
X3	135000000	44064347	3,06	0,0182	30804377	239195623	0,279328	3,56
X4	2156057,5	904812,1	2,38	0,0487	16516,976	4295598	0,182711	2,517905
(X1-200)*(X1-200)	-43569,49	5363,383	-8,12	<0,001	-56251,88	-30887,11	-0,45319	1,332879
(X2-6)*(X2-6)	-57239057	4672280	-12,25	<0,001	-68287243	-46190872	-0,67854	1,3138399
(X3-2)*(X3-2)	-3,9333e8	50881125	-7,73	0,0001	-5,1365e8	-2,7302e8	-0,52585	1,9816727
(X4-70)*(X4-70)	-262822,4	21453,53	-12,25	<0,001	-313552	-122092,9	-0,68344	1,332879
(X2-6)*(X1-200)	897347,71	433622,3	2,07	0,0773	-128006,2	1922701,6	0,236172	5,577905
(X3-2)*(X1-200)	-4,8593e6	1087457	-4,47	0,0029	-7430731	-2,2879e6	-0,48776	5,1026901
(X4-70)*(X1-200)	141071,34	33704,07	4,19	0,0041	61373,876	220768,81	0,556926	7,582197
(X3-2)*(X2-6)	58125000	29404905	1,98	0,0886	-11406551	127656551	0,203971	4,56
(X4-70)*(X2-6)	-1,0106e6	867244,7	-1,17	0,2820	-3,0614e6	1040064,4	-0,133	5,577905
(X4-70)*(X3-2)	14510275	2174914	6,67	0,0003	9367421	19653129	0,728244	5,1026901

Cuadro 3. Coeficientes regresores del modelo ajustado para la respuesta pH.

Términos.	βi	Error Estándar	t	Prob.> t	Bajo 95%	<superior 95%	Std. Beta	VIF
Intercepto	4,4613621	0,562628	7,93	<0,001	3,1309594	5,7917647	0	--
X1	-5,41e-16	0,001548	-0,00	1,0000	-0,003661	0,0036608	-7,8e-14	2,517905
X2	1,591e-14	0,045694	0,00	1,0000	-0,10805	0,1080501	7,68e-14	2,4692378
X3	0,1	0,150792	0,66	0,5284	-0,256565	0,4565654	0,175719	3,56
X4	-0,0154	0,003096	-4,97	0,0016	-0,022722	-0,008079	-1,10834	2,517905
(X1-200)*(X1-200)	0,0000018	0,000018	0,10	0,9264	-0,000042	0,0000452	0,015519	1,332879
(X2-6)*(X2-6)	0,0107132	0,015989	0,67	0,5243	-0,027095	0,0485209	0,107856	1,3138399
(X3-2)*(X3-2)	0,0166667	0,174119	0,10	0,9264	-0,39506	0,4283929	0,018923	1,9816727
(X4-70)*(X4-70)	0,0001546	0,000073	2,11	0,0732	-0,000019	0,0003282	0,341422	1,332879
(X2-6)*(X1-200)	-0,001725	0,001484	-1,16	0,2831	-0,005234	0,0017837	-0,38558	5,577905
(X3-2)*(X1-200)	0,0001525	0,003721	0,04	0,9685	-0,008647	0,0089521	0,012997	5,1026901
(X4-70)*(X1-200)	-0,000032	0,000115	-0,28	0,7905	-0,000305	0,0002409	-0,10676	7,582197
(X3-2)*(X2-6)	0,034375	0,100626	0,34	0,7427	-0,203567	0,2723173	0,102444	4,56
(X4-70)*(X2-6)	0,002	0,002968	0,67	0,5220	-0,005018	0,0090177	0,223514	5,577905
(X4-70)*(X3-2)	-0,00343	0,007443	-0,46	0,6589	-0,021029	0,0141693	-0,14619	5,1026901

Cuadro 4. Coeficientes regresores del modelo ajustado para la respuesta acidez.

Términos	βi	Error Estándar	t	Prob.> t	Bajo 95%	Superior 95%	Std. Beta	VIF
Intercepto	0,2185365	0,15767	1,39	0,2083	-0,154295	0,5913675	0	--
X1	-2,317e-16	0,000434	0,00	1,0000	-0,001026	0,0010259	4,05e-14	2,517905
X2	0,0151515	0,012805	1,18	0,2753	-0,015128	0,0454314	0,088858	2,4692378
X3	-3,14e-14	0,042258	-0,00	1,0000	-0,099924	0,0999236	-6,7e-14	3,56
X4	0,0112936	0,000868	13,02	<0,001	0,0092418	0,0133455	0,987028	2,517905
(X1-200)*(X1-200)	0,0000105	0,000005	2,05	0,0796	-0,000002	0,0000227	0,113077	1,332879
(X2-6)*(X2-6)	-0,004591	0,004481	-1,02	0,3396	-0,015187	0,0060038	-0,05613	1,3138399
(X3-2)*(X3-2)	-3,68e-14	0,048795	-0,00	1,0000	-0,115382	0,1153818	-5,1e-14	1,9816727
(X4-70)*(X4-70)	-0,000063	0,000021	-3,07	0,0180	-0,000112	-0,000015	-0,16962	1,332879
(X2-6)*(X1-200)	0,0000109	0,000416	0,03	0,9798	-0,000972	0,0009942	0,002961	5,577905
(X3-2)*(X1-200)	0,0005242	0,001043	0,50	0,6306	-0,001942	0,0029902	0,054263	5,1026901
(X4-70)*(X1-200)	-0,000004	0,000032	-0,13	0,9029	-0,000081	0,0000723	-0,01664	7,582197
(X3-2)*(X2-6)	-0,015625	0,028199	-0,55	0,5968	-0,082306	0,0510558	-0,05655	4,56
(X4-70)*(X2-6)	0,0002083	0,000832	0,25	0,8094	-0,001758	0,002175	0,028274	5,577905
(X4-70)*(X3-2)	-0,000007	0,002086	-0,00	0,9975	-0,004939	0,0049253	-0,00035	5,1026901

Perfiles de predicción y de deseabilidad.

El cuadro 5, muestra los perfiles dinámicos de simulación para las respuestas ufc/ml, pH y acidez titulable total, en función de los factores experimentales X_1 = Jugo de tomate, X_2 = Extracto de levadura, X_3 = Peptona y X_4 = tiempo de bioreacción.

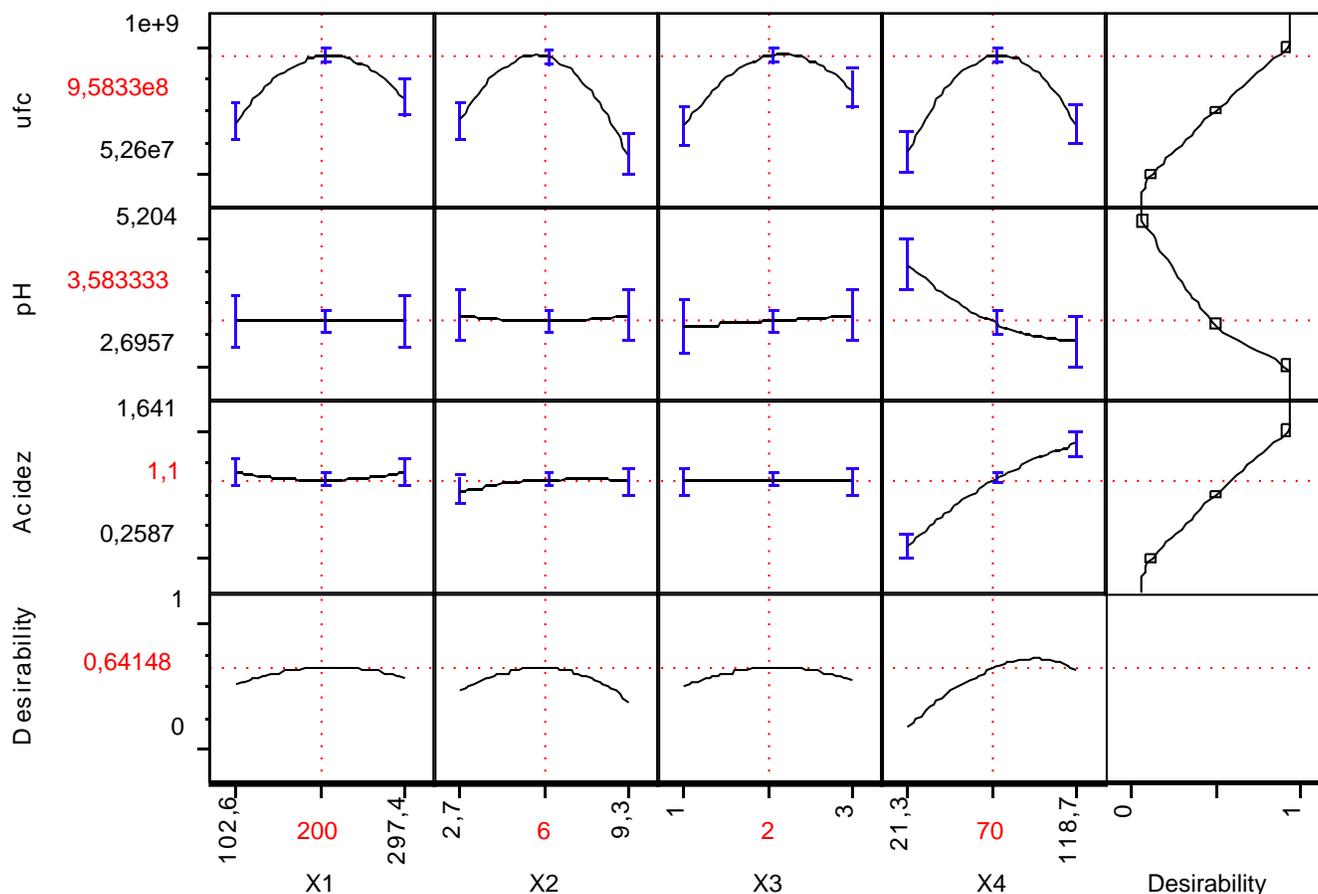


Figura 1. Perfiles de respuestas múltiples y de deseabilidad.

Los perfiles de respuestas múltiples dinámicas (figura 1) incorporan las graficas de deseabilidad (funciones de la parte inferiores de la figura 1); estas son manejadas por las funciones de control de perdida de calidad (funciones a la derecha de la figura 1).

Las funciones de control indicadas fueron: Maximizar la biomasa (ufc/ml), por ello se muestra la función de control, indicando que “mientras mayor sea el valor de ufc/ml mejor”. Minimizar el pH, por ello se muestra la función de control, indicando que “mientras menor sea el valor de pH mejor”. Maximizar la acidez, por ello la función de control indica que “mientras mayor sea el valor de acidez mejor”.

La grafica muestra que el máximo valor de ufc/ml es de $9,5833E8$, con un pH mínimo de $3,58833$ y una acidez máxima de $1,1\%$, con un mínimo de 200 ml de jugo de tomate, 6 gr. de extracto de levadura, 2 gr. de

peptona, en 70 horas de bioreacción.

CONCLUSIONES

Las técnicas graficas dinámicas, asistidas por computadora (TGDCo.AC), utilizando el software JMP, generadas con modelos lineales múltiples cuadráticos con interacciones de primer orden, usando diseño y análisis de superficie de respuesta mejorados (DASRM), muestran ser procedimientos eficientes para co-optimizar bioprocesos; prediciendo que se puede maximizar la biomasa de flora epifita bacteriana ácido láctico a $9,97E9$ ufc/ml, minimizar el pH a $3,59$ y maximizar la acidez en $1,14\%$; con 200 ml. de jugo de tomate, $5,57$ gramos de extracto de levadura, 2 gramos de peptona, en un tiempo de $74,5$ horas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Box, G. E. P; and Youle, P. V; 1955. The exploration and exploitation of response surface: An example of de link between the fitted surface and the basic mechanism of the system. *Biometrics*.11:287.
- Box, G. E.P. 1954. The Exploration and exploitation of response surfaces: some general considerations and examples. *Biometrics*.10:16.
- Evans, L.1982. Optimization Theory And Its Application In Food Processing. *Food Technology*.7:88-93.
- JMP system for window. 2001. Analysis Statistical Software. Version 04. Cary, NC:SAS Institute Inc. USA.
- Johnson, W. L; and Leone, F. C. 1964. "Statistics and experimental Designs in Engineering and the Physical Sciences, Vol. II. John Wiley & Sons, Inc; New York.
- Madhumohan, S. Govindaluri and Byung R. Cho. A Flexible Multivariate Quality Loss Function Using Desirability Function. www.Qualitylossf.com. 2006.
- Statistica, 2006. STATISTICA for Windows [Computer program manual]. Tulsa, Ok: StatSoft, Inc.;2300 East 14th Street, Tulsa, OK, 74104-4442,(918).

**DISEÑO DE SISTEMAS DE CONTROL PARA SIMULACIÓN DE
PROCESO DE LA VARIABLE NIVEL**

**CONTROL SYSTEMS DESIGN FOR SIMULATION TO THE LEVEL
VARIABLE PROCESS.**

Recibido: 11-11-2008 / Aceptado: 24-03-2009

Llelysmar Crespo

Profesora Asistente, adscrita al Programa Ciencias del Agro y del Agro y del Mar, UNELLEZ- San Carlos, Estado Cojedes,
Venezuela. *llelysmar@latinmail.com*

RESUMEN

Dentro del campo de la automatización electrónica, existen diversos tipos de control, uno de los más empleados es el esquema PID, el cual posee varios criterios para la estimación de los parámetros del sistema y una adecuada implementación. A continuación se describen las consideraciones del diseño de un sistema de control automático de nivel para el llenado y vaciado de líquidos en un tanque, el cual puede mantener la medición de nivel dentro de límites aceptables, usando Sensores entre dos puntos, uno alto y otro bajo, así como también originar alarmas de alto nivel y bajo nivel. La precisión y exactitud de respuesta del controlador depende de un tiempo mínimo que podrá regularse a través de la configuración.

Palabras clave: automatización, sistema, control.

SUMMARY

In electronic automation area are a lot of control type, the PID scheme is the most employ, it has several judgments to estimate the system parameters and a correct installation. Next, it describes the design considerations an level automatic control system to the liquids filled and vacuum in a tank, which can maintain the level measure inside the limits using sensors between two points, one high and other low likewise to originate alarms of high and low levels. The controller reply precision depends of the minimum time, this could be regulate through configuration.

Key words: automation, systems, control.

INTRODUCCION

Un sistema de control automático de nivel para el llenado y vaciado de líquidos en un tanque, puede mantener la medición de nivel dentro de límites aceptables, usando sensores entre dos puntos, uno alto y otro bajo, así como también originar alarmas de alto nivel y bajo nivel. La precisión y exactitud de respuesta del controlador depende de un tiempo mínimo que podrá regularse a través de tres tipos de configuración como lo son: el proporcional (P), el integral (I) y el derivativo (D).

Dependiendo de la señal de los sensores, del transmisor, y del tiempo de respuesta del controlador, este hará actuar el elemento final de control, el cual regula el suministro de energía o material al proceso y cambia la señal de medición. Este elemento final de control será una válvula, un posicionador, un motor o una bomba.

En un control automático puede estudiarse el comportamiento del proceso, ya que en el pueden simularse averías y condiciones anormales que pueden afectar los rendimientos e incrementos de la productividad. Estas simulaciones de fallas pueden ser corregidas, ya que en el diseño del sistema de control de nivel simulado puede detectarse si el sistema de realimentación esta cerrado o si algún otro dispositivo está fallando.

El diseño del sistema de control de nivel para el proceso de llenado y vaciado de líquidos en un tanque será capaz de modelar la operación de una parte del proceso de una planta, el cual podrá utilizarse para medir y monitorear volúmenes de líquidos para evitar que el mismo se derrame.

Contará con dispositivos que serán escogidos para que realicen el control automático, ya que por las características de los líquidos a utilizar (agua, leche,

concentrados), el recipiente de almacenamiento será completamente sellado, de tal manera de tal manera de controlar todos los parámetros que puedan dar seguimiento a las condiciones reales de operación de una planta industrial.

Estos dispositivos electrónicos podrán controlar diversas variables dentro del proceso, de tal forma que puedan realizar sus labores de la mejor manera tanto en operación normal como en situaciones críticas.

SELECCIÓN DE LOS COMPONENTES DEL SISTEMA

Para seleccionar los componentes del sistema de control es necesario que recordemos cual es la labor que cumple dentro del mismo.

1. ELEMENTO PRIMARIO

Sinónimo de sensor, es la parte de un lazo o un instrumento que primero detecta el valor de una variable de proceso y que asume una correspondencia, predeterminación, y estado inteligible o salida. El sensor puede ser integrado o separado de un elemento funcional o de un lazo. Al sensor también se le conoce como detector o elemento primario.

En base a la definición expuesta y tomando en cuenta las características fisicoquímicas tabuladas del agua y la leche, que son los fluidos de estudio se decide utilizar el medidor de nivel de tipo conductivo NE de Kobold.

2. ELEMENTO FINAL DE CONTROL

De acuerdo con las características del fluido y las condiciones de flujo que serán simuladas a través de matlab se escoge una válvula de mariposa de disco excéntrico, en este tipo de válvula el eje de rotación no pasa por el centro de simetría del mismo, de manera que la trayectoria de los bordes del mismo es tal que salen del contacto del sello tan pronto como se comienza la apertura, por lo que se reduce la fricción y el desgaste. Además dadas las condiciones adecuadas las válvulas de mariposa son una excelente

válvula de control con la ventaja de sus menores dimensiones, menor peso y más confiabilidad al sello que muchas otras válvulas. Y más económicas.

Como con cualquier otra válvula, su vida útil depende de unas condiciones de servicio adecuadas y una buena selección.

Según el catalogo de FISHER que se encuentra en el anexo n° 2 la válvula es la del tipo 8560 de acero inoxidable.

El posicionador utilizado es también de la marca FISHER modelo W4741-1, tipo 1051 código 1370.

3. TRANSMISOR

Este instrumento envía la señal medible remotamente como una señal electrónica o neumática. Estos instrumentos mantienen la comunicación entre un proceso y su operador, así el operador conocerá que esta sucediendo en el proceso y podrá hacer ajustes para lograr que el producto final se encuentre dentro de las especificaciones.

En este orden de ideas se utilizará un transmisor con señal electrónica, de la casa comercial ABB, MODELOS 262/264 G/A Campos L, U, R, V.

4. CONTROLADOR

Teniendo como base la definición del controlador y apoyándose en la herramienta Matlab se procede a utilizar un controlador indicador PID del tipo DPC-481 de la casa comercial LIBRATHERMTM INSTRUMENTS (ver anexo n°5), el mismo será entonado a través de las técnicas de BODE y de NYQUIST, que tienen por finalidad establecer criterios de estabilidad.

El diseño de sistemas en lazo cerrado basado en las aproximaciones de bode y nyquist es particularmente útil por las siguientes razones:

- En el diagrama de bode, la asíntota de baja frecuencia de la curva de magnitud indica una de las constantes de error estáticas K_p (indica la parte proporcional del controlador), K_v o K_a .
- Las especificaciones de la respuesta transitoria se

pueden traducir a las respuestas en frecuencia en términos de margen de fase, margen de ganancia, ancho de banda y así sucesivamente. Estas especificaciones se pueden manejar fácilmente en el diagrama de BODE. En particular, los márgenes de fase y de ganancia se pueden leer directamente del diagrama y el compensador o controlador se diseña de una manera simple y directa.

Para tomar la decisión de entonar el controlador como PID (compensador adelanto-atraso) se debe tomar en cuenta lo siguiente:

La compensación por adelanto de fase (solo la acción derivativa) se usa comúnmente para mejorar los márgenes de estabilidad y aumentar el ancho de la banda en el sistema, por lo que tendrá una velocidad de respuesta más rápida. Sin embargo, cuando un sistema utiliza compensación por adelanto de fase, esta sujeto a problemas

- de ruidos en alta frecuencia debido a su incremento en las ganancias de alta frecuencia.

La compensación por retardo de fase (solo la acción integral) reduce la ganancia del sistema a altas frecuencias sin reducir las ganancias del sistema a bajas frecuencias. Se reduce el ancho de banda del sistema y el mismo tiene una velocidad de respuesta más lenta. Al reducirse la ganancia en alta frecuencia, se puede incrementar la ganancia total del sistema y por tanto se puede incrementar la ganancia a bajas frecuencias y mejorar la precisión en el estado estacionario. También es

- posible atenuar cualquier ruido a alta frecuencia que tenga el sistema.

En las aplicaciones de sistemas como el representado en este proyecto lo ideal es utilizar un compensador retardo-adelanto de fase donde se puede incrementar la ganancia a bajas frecuencias (lo que significa una mejora en la precisión del estado estacionario), mientras al mismo tiempo se incrementa el ancho de la banda y los márgenes de estabilidad del sistema.

En la parte destinada al diseño del sistema de control se dedicara un espacio para entonar el controlador utilizando los diagramas de bode y nyquist, con el fin de verificar el diseño basado en métodos convencionales. El alcance de este trabajo se limita al

uso de MATLAB para comprobar los resultados de los sistemas diseñados.

DISEÑO DEL SISTEMA

A continuación se realizará una descripción de cada parte del sistema de control.

DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA

La planta consta básicamente de un tanque alimentador que será el encargado de suministrar el líquido a un segundo tanque, en el cual se hará el control de nivel del líquido, dependiendo del set point {sp} del sistema.

El abastecimiento del líquido al tanque secundario se realiza por medio de una electrobomba.

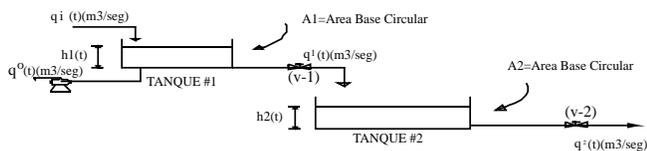


Figura 1: Sistema interactivo de dos tanques en serie.

CÁLCULOS

Los cálculos para la bomba se muestran de manera simplificada en la siguiente tabla:

Tabla 3: Parámetros para la Selección de la Bomba y el Motor

Dotación: Qi=1700lts/h	Cap del tanque inf. Vn= 2000 m ³	Cap del tanque sup. V= 1200 m ³	Diámetro de la tubería =3/4 pulg
Pérdidas por fricción hfs= 3m	Cap de la bomba Q= 0.12 lts/s	Carga de al bomba H= 17.50 m	Potencia de bomba hp=0.05

Potencia motor = 0.07 hp

De acuerdo con las curvas características de las bombas (ver anexo n°1), se selecciona una electrobomba de 1/2 hp, la misma permite bombear 0.12 lts/s hasta H=27 m y/o Q=1.63 lts/s hasta una altura de diseño de H=17.5 m.

DESCRIPCIÓN DEL SENSOR DE NIVEL

El medidor de nivel es de tipo conductivo NE de

Kobold se puede usar para monitorear el nivel de fluidos débilmente a fuertemente conductivos. El dispositivo trabaja a través de la medición de la resistencia eléctrica entre un electrodo sensor y un electrodo de conexión a tierra. Este diseño simple no incorpora ninguna parte móvil y hace este dispositivo especialmente adecuado para aplicaciones difíciles, como el monitoreo de nivel de fluidos de baja densidad, fluidos de alta viscosidad, o fluidos que contienen grandes cantidades de partículas suspendida

SISTEMA DE CONTROL

Para diseñar el sistema de control se utilizo como técnica la simulación dinámica del proceso con el programa Matlab opción simulink.

Matlab es una técnica de computación para cálculo numérico y operaciones de visualización de alta capacidad. Matlab permite el análisis numérico, operaciones con matrices, procesamiento de señales, y operaciones graficas en forma amigable, en los cuales, los planteamientos de los problemas y sus soluciones son expresados en la forma matemática usual, sin necesidad de utilizar los lenguajes de computación ampliamente conocidos.

Matlab es un avanzado programa matemático con una poderosa interfase gráfica utilizando para el análisis, diseño, simulación y control de complejos sistemas dinámicos. Por esta razón, se ha convertido en la principal herramienta de los ingenieros de control de procesos.

Matlab posee aplicaciones, denominadas tool-boxes que permiten realizar, de una forma relativamente sencilla, complicados diseños y cálculos, como son: estadística, control de procesos, lógica difusa, redes neuronales, identificación de sistemas, simulación dinámica de procesos (SIMULINK), procesamiento de señales, entre otros.

ENTONACION DEL CONTROLADOR

En la entonación del controlador primero se

determina la función de transferencia en lazo abierto, tal que la constante del error de velocidad estática sea igual o mayor a 10 seg^{-1} , el margen de fase no supere los 50° y el margen de ganancia sea igual o superior a 10 dB, para que el sistema sea óptimo.

A continuación se presentan las simulaciones que permiten afirmar que el controlador seleccionado anteriormente es el más adecuado para las condiciones de este sistema.



Gráfica 1: Altura de tanque 2 en función del tiempo, con la bomba apagada y el flujo cambia a los 60 min.



Gráfica 2: Altura de tanque 2 en función del tiempo, con encendido de la bomba a los 25 min



Gráfica 3: Altura de tanque 2 en función del tiempo, con cambio de flujo y encendido simultaneo de la bomba a los 25 min.



Gráfica 4: Altura de tanque 2 en función del tiempo, con la bomba apagada y caída del flujo a los 25 min.

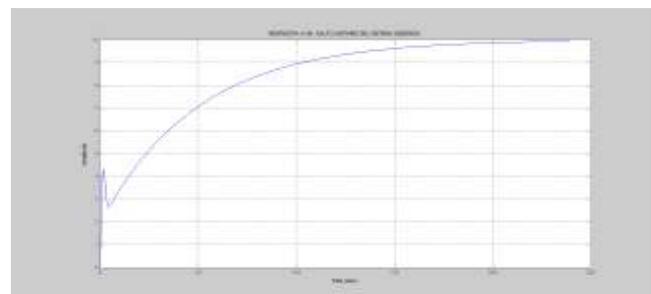


Figura 4: Diagrama de la respuesta a un salto unitario el sistema diseñado

SISTEMA DE CONTROL.



Figura 3: Sistema General de Control.

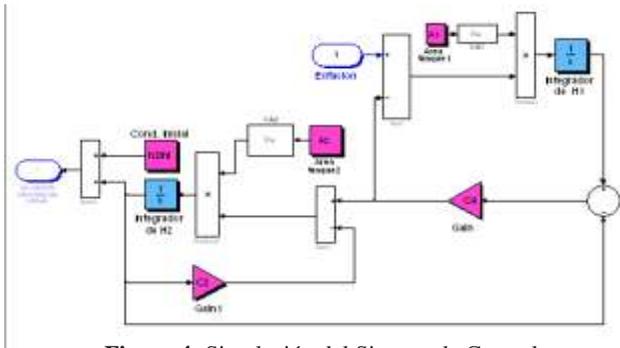


Figura 4: Simulación del Sistema de Control.

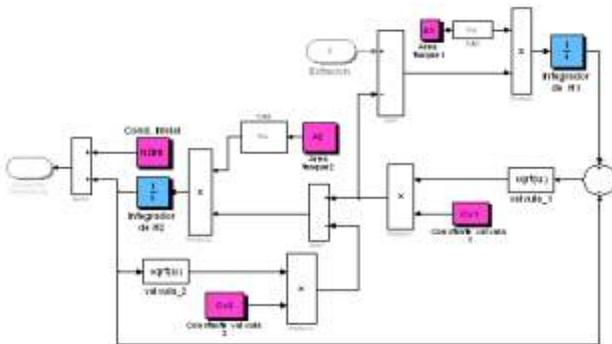


Figura 5: Representación de la Ecuación Diferencial Lineal del Sistema de Control

CONCLUSIONES.

El sistema logrado es una interesante aplicación de control por sus alcances y el contraste que se logra entre la teoría y las aproximaciones matemáticas con el comportamiento físico que se presenta en la realidad.

Además, el trabajo en conjunto con las simulaciones de los modelos simplificados deja en evidencia los alcances de estos modelos y los compromisos que se manejan, tal como los problemas con la respuesta no lineal del sistema en algunos casos.

Es importante evidenciar la dificultad que se tiene para caracterizar de una forma óptima un sistema de control, aún a pequeña escala, puesto que buscar un punto de operación para una variable supone tratar de controlar el comportamiento de otras, como lo podemos observar en los gráficos, donde los mejores resultados desde el punto de vista del control se obtuvieron en la simulación 4.

Esta simulación 4, muestra un buen desempeño al llevar las variables a controlar a su valor de referencia, lo que se considera una buena robustez del controlador y una relación lineal en función de los cambios de la dinámica de la instrumentación.

El diseño del controlador (compensador) por adelanto atraso a través de método de Bode es sin duda el mejor a utilizar para este diseño de sistemas, ya que es posible realizar con facilidad alguna optimización simple. Como el margen de fase tiende a un valor pico cuando la frecuencia de cruce se acerca a la mitad del corredor de diseño, se puede incrementar al máximo el margen de fase ϕ , alternativamente, incrementar al máximo W_c , al mismo tiempo que se conserva ϕ por encima de un valor mínimo. Muchas variaciones son posibles, incluida la variación de las especificaciones del ancho de la banda y la supresión del ruido para satisfacer las restricciones en el margen de fase y la frecuencia de cruce. Para comprobar si el sistema se encuentra bien diseñado (entonado), se utilizó como herramienta MATLAB. Por otra parte al observar la figura n°11 se puede ver claramente que el sistema está bien

entonado y que todos los elementos del lazo de control están respondiendo de manera eficiente, ya que la respuesta del sistema alcanza estabilidad, lo que indica que cualquier variación que se haga en las variables secundarias no afectaran a la variable principal que es el nivel.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- KUO, Benjamín. *Sistemas de Control Automático*. Editorial Prentice Hall. 1996.
- OGATA, Katsuhiko. *Ingeniería de Control Moderna*. Editorial Prentice Hall. 2004.
- OGATA, Katsuhiko. *Problemas de Ingeniería de Control Moderna, Utilizando MATLAB*. Editorial Prentice Hall. Madrid 2004. 359p.
- NATIONAL INSTRUMENT. *Labview basic course manual*. April 1998 Edition.
- MARTON, Fred. *Level Measurement and Control: Tabular Survey of Level measurement Techniques, Instrum. and contr. Sust.*, series: February, March, May 1965.
- SMITH AND CORRIPIO. "*Principles and Practice of Automatic Process Control*". Second Edition. John Wiley and Sons, 2007.
- SMITH AND CORRIPIO. "*Sistemas Automáticos de Control*". Editorial Limusa, 2007.
- CREUS, ANTONIO. "*Instrumentación Industrial*". 2007. México. 634 p.
- HARRIOT, Peter. "*Process Control*". 1era Edición. New Delhi. Mc Graw-Hill. 374 p.

CARACTERIZACIÓN ESPACIAL Y TEMPORAL DE LAS SEQUÍAS METEOROLÓGICAS EN LOS LLANOS DE VENEZUELA

SPATIAL AND TEMPORAL CHARACTERIZATION OF THE METEOROLOGICAL DROUGHTS IN THE PLAINS OF VENEZUELA

Recibido: 15-12-2008 / Aceptado: 13-02-2009

Franklin Paredes¹, Jorge Millano², Luís Rumbo¹ y

Freddy La Cruz¹

¹ Grupo para investigaciones sobre cuencas hidrográficas y recursos hidráulicos del Programa Ingeniería.

franklinparedes75@gmail.com

² Ing. Civil. MSc. Ingeniería Ambiental. Programa Ingeniería. Área: Mecánica de Suelos.

RESUMEN

La sequía ocurre cuando las lluvias disminuyen o cesan durante varios días, meses o años. En los últimos años, Los Llanos venezolanos ha presentado varias sequías meteorológicas, ocasionando fallas en los sistemas de abastecimiento de agua e impactando negativamente los sectores agrícola y pecuario. Con la finalidad de conocer el comportamiento de este fenómeno y confrontar sus impactos, se efectuó una caracterización del régimen espacial y temporal de las sequías meteorológicas en Los Llanos en base a los registros disponibles en 50 estaciones pluviométricas operadas por el Ministerio del Poder Popular para el Ambiente (MinAmb) para el período 1961-1996, distribuidas en los estados Apure, Anzoátegui, Cojedes, Portuguesa, Barinas y Guárico. La magnitud inter-anual del período seco se estimó con una adaptación del Índice de Precipitación Estandarizada de McKee. Se determinó la dispersión espacial, frecuencia, espaciamiento temporal, duración y extensión de los periodos secos interanuales. Los años con las temporadas secas más severas fueron 1974, 1984 y 1989. La ocurrencia de sequías no sigue un patrón espacio-temporal definido. Se observa un aumento en ocurrencia de eventos secos muy extremos. Se identificó 3 subregiones homogéneas según la severidad del periodo seco. Las sequías probablemente se intensifican en función de la orografía. Las sequías más severas y de mayor extensión superficial, coinciden con la ocurrencia de un fuerte evento "La Niña" y un Atlántico Norte con temperaturas medias inferiores a 25 °C durante el bimestre febrero-marzo.

Palabras claves: *sequías meteorológicas, la niña, sequia.*

SUMMARY

The drought happens when the rains diminish or cease during several days, months or years. In the last years, "Los Llanos" presented several meteorological droughts, causing fails in the systems of supply of water and impacting negatively the sectors agricultural and cattle. We become a characterization of the behavior spatial and temporal of the meteorological droughts in "Los Llanos". We used the registrations of 50 rain gage of the Ministry of the Popular Power for the Environmental (MinAmb) for the period 1961-1996, distributed in the states Apure, Anzoátegui, Cojedes, Portuguesa, Barinas and Guárico. The annual magnitude of the dry period was calculated using a variant of the Index of Standardized Precipitation of McKee. The spatial dispersion, the frequency, the duration and the extension of the dry periods was determined annually. The years with seasons dry more severe were 1974, 1984 and 1989. The occurrence of the droughts in the region doesn't have a spatial pattern and temporal defined. There is an increase in the occurrence of dry period very extreme. It was identified 3 homogeneous regions according to the severity of the dry period. The droughts are probably intensified by the orography. The droughts most severe and of more extension superficial happen when occur a strong event "The Niña" and the Ocean Atlantic North have a temperature inferior to 25 °C during February-March.

Key words: *meteorological droughts, La niña, drought.*

INTRODUCTION

Los Llanos es una extensa planicie aluvial de topografía plana, ubicados entre la desembocadura del río Orinoco en el Oriente y la Cordillera Andina en el Occidente de Venezuela. Abarcan unos 250.000 km² distribuidos entre los estados Apure, Barinas, Guárico, Portuguesa, Cojedes y Anzoátegui. Esta unidad fisiográfica posee un Clima Tropical Lluvioso (Aw), con una estrecha franja semiárida (BS) al Noroeste del estado Anzoátegui.

La sequía es un fenómeno natural que ocurre cuando la magnitud de las lluvias es considerablemente menor a los valores normales registrados (ONU, 1994). Se categorizan según su duración e impacto en meteorológicas, agrícolas, hidrológicas y socioeconómicas (Wilhite y Glantz, 1985). Si las condiciones meteorológicas prevalecientes ocasionan: incremento de la temperatura, reducción de la humedad atmosférica, aumento de la insolación, disminución de la nubosidad, incremento de la evapotranspiración y recarga insuficiente de acuíferos, sobreviene una sequía meteorológica (National Drought Mitigation Center, 1995). Existen varios índices para identificar la ocurrencia de un evento seco. En este trabajo se utiliza el Índice Estandarizado de Precipitación [SPI, Standardized Precipitation Index] desarrollado por McKee *et al.* (1993).

En Venezuela, las investigaciones orientadas a la caracterización de sequías meteorológicas son recientes. Martelo (2004), encontró que anomalías extremas en ciertas variables macroclimáticas se relacionan con la ocurrencia de severas sequías y lluvias torrenciales. Un Océano Pacífico caliente provoca temporadas secas muy secas; si está frío, épocas secas muy lluviosas. El Atlántico Tropical Norte caliente produce temporadas lluviosas más lluviosas que lo normal; si está frío, temporadas lluviosas con montos pluviométricos pequeños.

Cárdenas *et al.* (2002) y Millano *et al.* (2007) encontraron el mismo comportamiento en varias regiones del país. Recientemente, Ovalles *et al.* (2007) utilizaron dos Modelos de Circulación General, uno de ellos predice una disminución de la precipitación en la zona Oriental y en el Centro-Occidente del país. El segundo modelo pronostica una disminución y expansión del área con menor precipitación en el Occidente. Estas inferencias concuerdan con las de Martelo (2007) y lo expresado en el informe más reciente del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC, 2007a y 2007b).

En Llanos se encuentra la mayor producción agrícola de Venezuela. Las principales unidades de producción de maíz, arroz y sorgo del país están localizadas en esta región. Cuando las lluvias disminuyen o cesan durante varios días o meses, ocurren severos daños en la producción, afectando el mercado de los cereales y subproductos. La mayor parte de las pequeñas unidades de producción no tienen acceso a sistemas de riego por lo que están obligados a cultivar en secano (MAT, 2008). Por las consideraciones expuestas y con la finalidad de confrontar mejor el fenómeno de las sequías, surgió la necesidad de estudiar el régimen que las caracteriza.

MATERIALES Y MÉTODOS

Unidad de estudio

La Unidad de Estudio [UE] abarca los Llanos de Venezuela, cuatro subregiones del Pacífico Meridional: Niño 1+2, Niño 3, Niño 4 y Niño 3.4, y dos zonas del Atlántico, que se denominan en lo sucesivo Atlántico Subtropical Norte (5-20°N, 60-30°W) y Atlántico Subtropical Sur.

Fases de la investigación

Fase I. Selección de estaciones pluviométricas: se seleccionaron para el análisis los registros de 50 estaciones pluviométricas operadas por el Ministerio del Poder Popular para el Ambiente (MinAmb), ubicadas en los Llanos, que cumplen con los siguientes criterios: 1) más de 30 años de registros continuos; 2) no más de 2% de datos mensuales faltantes; 3) no más de 10% de registros anuales incompletos; 4) series anuales homogéneas según la prueba de Easterling *et al.* (1996). La muestra quedó

conformada por 1 estación en Apure, 10 en Anzoategui, 6 en Cojedes, 15 en Portuguesa, 7 en Barinas y 11 en Guarico. El alcance temporal se extiende de 1961 a 1996, por ser el lapso común de la muestra.

Fase II. Cálculo del SPI modificado anual: para cada mes se determinó el valor acumulado trimestral, incluyendo los registros mensuales de los dos meses anteriores, obteniéndose así, 12 subseries en cada estación. Se estimó los parámetros α y β de la Distribución de Probabilidad Teórica Gamma [DPTG] asociada a cada una de esas 12 series de precipitación acumulada. La función de densidad de probabilidad de la DPTG está dada por la ecuación (1).

$$f(x; \alpha; \beta) = \frac{1}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} x^{\alpha-1} e^{-x/\beta} \quad (1)$$

Donde: x es el registro acumulado trimestral expresado en mm, α y β son los parámetros característicos de la distribución.

La probabilidad de que el acumulado trimestral en un mes cualquiera, en una subserie, sea menor o igual al registro existente, se representa como $F(x)$ y se calcula como sigue.

$$F(x) = \int_0^x f(x; \alpha; \beta) dx \quad (2)$$

Para estimar los parámetros α y β de la ecuación (1), se utilizó la metodología propuesta por Campos (2005). Los registros nulos en las subseries mensuales imposibilitan el cálculo de $F(x)$, por lo tanto, se empleó la Función Gamma Mixta (FGM) propuesta por Thom (1971), como sigue:

$$H(x) = q + p \cdot F(x) \quad (3)$$

Donde: q es la probabilidad de que se presente un valor nulo en la subserie, p es la probabilidad de que no se presente un valor nulo en la subserie [$p = 1 - q$], $H(x)$ es la probabilidad de no excedencia del registro.

Una vez determinado $H(x)$ para cada registro, en cada subserie mensual, se estimó el valor Z que le corresponde, considerando que la probabilidad de no excedencia de $H(x)$, proviene de una distribución

normal con media cero y desviación estándar igual a 1. El valor Z así estimado constituye el **SPI3**.

Para calcular la magnitud del periodo seco durante un año cualquiera (**DM**) en una estación, se empleó una variante del método original propuesto por Edwards y McKee (1997). Se acumularon los SPI3 mensuales cuya magnitud era igual o inferior a -1, cuando el **SPI3** era mayor a -1 se sustituyó por un cero. Bajo este enfoque, un valor de **SPI3** > -1 indica una condición normal o húmeda. Después de calcular los valores **DM** en todas las estaciones durante el periodo 1961-1996, se identificó los **DM** extremos, máximo y mínimo. En base a los extremos, se desarrolló y aplicó la siguiente categorización: 1) moderadamente seco: $DM = 5.89$; 2) severamente seco: $5.89 < DM = 11.80$; y 3) extremadamente seco: $DM > 11.80$.

Fase III. Distribución espacial de los DM intranual: para visualizar la dispersión espacial, la frecuencia, el espaciado temporal, la duración y la extensión de los periodos secos año a año durante el periodo temporal común se empleó un Sistema de Información Geográfico (SIG).

Fase IV. Identificación de zonas propensas a sufrir periodos secos: Por medio del SIG se generó un mapa que indica las locaciones con mayor frecuencia de aparición de periodos secos extremos.

Fase V. Zonificación de la UE en cuanto a la severidad de los periodos secos: tomando como variable clasificatoria la **DM** en las estaciones, se aplicó un análisis clúster jerárquico. El método de Ward se usó como regla de aglomeración y la distancia euclidiana como criterio de distancia. La relación entre la distancia de agrupación (**D**) y la distancia máxima de agrupación (**Dmax**) fue el criterio utilizado para identificar un clúster; un grupo cuya relación $D/Dmax$ en el dendograma fuese mayor o igual al 80% conforma una región homogénea. Después de calcular los valores **DM** en todas las estaciones durante el periodo 1961-1996, se identificó los **DM** extremos, máximo y mínimo. En base a los extremos, se desarrolló y aplicó la siguiente categorización: 1) ligeramente seco: $DM = 3.54$; 2)

moderadamente seco: $3.54 < DM = 7.08$; 3) seco: $7.08 < DM = 10.62$; 4) severamente seco: $10.62 < DM = 14.16$; y 5) extremadamente seco: $DM > 14.16$

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Dispersión espacial, frecuencia, espaciamento temporal, duración y extensión de los periodos secos en los Llanos de Venezuela en el periodo 1961-1996.

En 1961, 1964, 1984, 1989 y el trienio 1973-1975, más del 30% de las estaciones presentan un periodo seco “severamente seco” o “extremadamente seco”. Para 1974, 1984 y 1989 cerca del 10% tienen una temporada seca “extremadamente seco”. Durante 1975, 1984 y 1989 el periodo seco “extremadamente seco” fue antecedido por años donde los eventos “moderadamente seco” tendían a disminuir. Los periodos secos más extremos son precedidos por un enfriamiento de las aguas superficiales del Atlántico Subtropical Norte en febrero-marzo, y la ocurrencia de un episodio “La Niña” (Figuras 1 y 2). La dispersión y extensión de los periodos secos extremos no muestran un patrón espacial específico, tienden a ser aleatorio. El enfriamiento de las aguas superficiales del Atlántico Subtropical Norte probablemente se deba a una situación meteorológica sinóptica. El anticiclón de Las Bermudas quizás se desplaza hacia el Ecuador más de lo normal, afectando los niveles troposféricos medios y altos e inhibiendo la formación de nubes de gran desarrollo vertical. En 1974, la presión atmosférica fue ligeramente superior al promedio en la zona centro-costera venezolana, sugiriendo la existencia de una banda de alta presión. Esta situación ocurre al momento que los Alisios son tornan secos. En 1974 los Alisios en la zona centro-costera tenían una humedad relativa inferior a la media.

Zonas más propensas a sufrir periodos secos extremos en los Llanos de Venezuela

La mayor frecuencia de periodos “extremadamente secos” se da en Tinaco, Cojedes y Clarines, Anzoátegui. Destacan dos aspectos: 1) Clarines tiene eventos más severos que Tinaco; 2) se observa un incremento en la ocurrencia de sequías severas en ambas localidades. Es normal que los periodos secos sean severos en Clarines por ser una zona semiárida, pero atípico en Tinaco, debido a su Clima Tropical

Lluvioso (Aw). Desde 1980 incrementó el número de estaciones con periodos “extremadamente secos”.

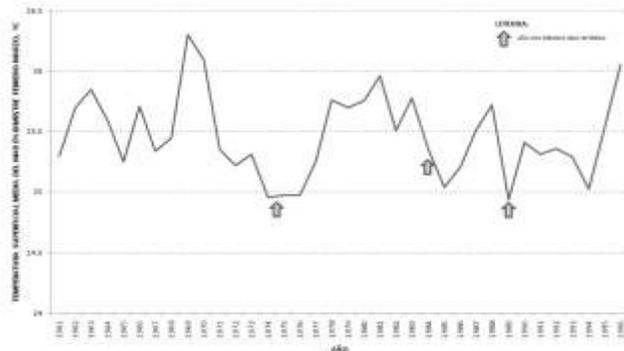


Figura 1. Temperatura superficial del Atlántico Norte en febrero-marzo. Período 1961-1996.

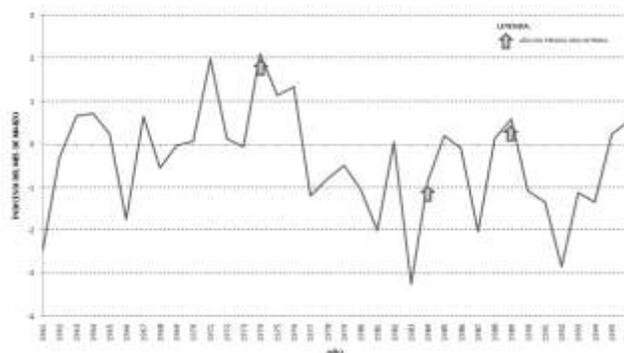


Figura 2. Índice de Oscilación Sur en el Océano Pacífico durante marzo. Período 1961-1996.

Zonificación de los Llanos de Venezuela en función de la severidad del periodo seco

Se identificó 10 subregiones geográficas (Figura 3). Los periodos secos interanuales de mayor severidad son más frecuentes en la subregión UH2-C seguida en orden de magnitud por las subregiones UH1-C, UH2-D y UH2-E. La subregión UH1-C tiene la mayor frecuencia de ocurrencia de temporadas secas extremas. Estas subregiones tienen características particulares: 1) La subregión UH1 no está claramente definida. Las estaciones tienden a concentrarse entre el noreste del estado Guárico y el extremo noroeste del estado Anzoátegui. Cerca del 40% de sus estaciones están a una altitud mayor o igual a 200 msnm. 2) La subregión UH2 forma cuatro conglomerados. El primero, es un polígono irregular que va del poblado Santa Rosa en el centro-oeste del estado

Anzoátegui hasta el sector Orituco en el estado Guárico (UH2-A). El segundo, cubre gran parte del estado Cojedes, flanco Oeste del estado Guárico y borde Este del estado Barinas (UH2-B). El tercero, es un estrecho corredor entre Altamira de Cáceres y Santa Lucía, ambos en el Barinas (UH2-C). El cuarto, se encuentra en una depresión localizada en las cercanías de Barinitas, en el estado Barinas (UH2-D). El quinto, es una zona costera en las inmediaciones de Puerto Piritu en el estado Anzoátegui (UH2-E). 3) La subregión UH3 desde el punto de vista espacial, es la mejor definida. Las estaciones están aglutinadas en la vertiente oriental de la Cordillera de los Andes. Se extiende desde San Rafael de Onoto en Portuguesa hasta el sector Corozo-Palmita en Barinas.

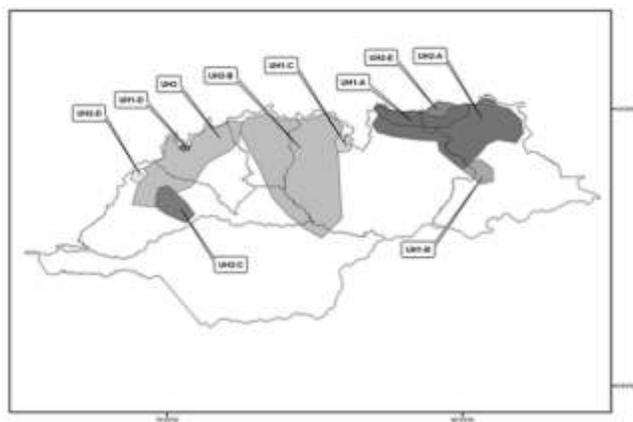


Figura 3. Subregiones en Los Llanos de acuerdo a la severidad de la temporada seca.

CONCLUSIONES

- Las sequías en los Llanos de Venezuela no presentan un patrón espacio-temporal definido.
- Los años con periodos secos muy extremos han aumentado su frecuencia de ocurrencia.
- Existe una relación inversamente proporcional entre la severidad de las sequías meteorológicas y la temperatura superficial del Atlántico Norte, y directamente proporcional con el índice SOI durante el mes de marzo.
- Las sequías más extremas coinciden con la ocurrencia simultánea de “La Niña” y un Atlántico Norte con temperaturas medias inferiores a 25 °C durante el bimestre febrero-marzo. Esta situación sugiere la existencia de teleconexiones.

- La severidad del período seco en los Llanos de Venezuela guarda una estrecha relación con la orografía, especialmente en las locaciones situadas en el piedemonte andino.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Campos D. 2005. *Agroclimatología cuantitativa de cultivos*. Editorial Trillas, pp. 267-282.
- Cárdenas P., García L. y Gil, A. 2002. *Impacto de los eventos El Niño Oscilación del Sur en Venezuela*. Corporación Andina de Fomento. 130 pp.
- Easterling R., Peterson C. and Karl T. 1996. *On the development and use of homogenized climate data sets*. Journal of Climate, Vol. 9, pp. 1429-1434.
- Edwards D. y McKee T. 1997. *Characteristics of 20th Century drought in the United States at multiple time scales*. Climatology Report Number 97-2, Colorado State University, Fort Collins. Colorado
- IPCC. 2007a. Climate Change. 2007. *The Physical Science Basis*. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 996 p.
- IPCC. 2007b. *Climate Change 2007*. Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanson, Eds., Cambridge University Press, Cambridge, UK, 976 p.
- Martelo M. 2004. *Influencia de las variables macroclimáticas en el clima de Venezuela*.

- Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. Instituto y Departamento de Ingeniería Agrícola. Ponencia en VII Congreso Venezolano de Ingeniería Agrícola, Maracay-Venezuela.
- Martelo M. 2007. *Cambio Climático y Alternativas Agrometeorológicas*. Conferencia presentada en I Congreso Venezolano de Agrometeorología y V Reunión Latinoamericana de Agrometeorología. Maracay, Venezuela
- MAT [Ministerio del Poder Popular para la Agricultura y Tierras]. 2008. Presentado balance del Plan Integral de Desarrollo Agrícola 2007-2008. Boletín Nacional N° 21 del Ministerio del Poder Popular para la Agricultura y Tierras.
- McKee T., Doeksen N. y Kleist J. 1993. *The relationship of drought frequency and duration to time scales*. Preprints 8th Conference on Applied Climatology 17-22, Anaheim (California, EE.UU.), pp. 179-184.
- Mendoza N. y Puche M. 2005. *Evaluación de los eventos de sequía meteorológica en Venezuela: período 1950-1998*. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. Instituto y Departamento de Ingeniería Agrícola. 195 p
- Millano J., Paredes F. y Vivas I. 2007. *Efecto de la Oscilación Meridional (ENSO) y la temperatura superficial del océano Atlántico sobre la distribución espacio-temporal de las lluvias en el estado Cojedes*. Revista Agrollanía Vol. 4
- National Drought Mitigation Center [NCDC]. 1995. *Understanding and Defining Drought [En línea]*. Página web, Lincoln (Nebraska): National Drought Mitigation Center. University of Nebraska. <<http://enso.unl.edu/ndmc/enigma/def2.htn-i>>. Actualización 15 de noviembre de 1995. [Consulta, 27 de septiembre de 1996].
- Organización de las Naciones Unidas [ONU]. 1994. *Convención Internacional de Lucha contra la Desertificación en los Países afectados por Sequía Grave o desertificación, en Particular en África*. Doc. A/AC.241/15/Rev 17. Paris.
- Ovalles F., Cortez A., Rodríguez M., Rey J. y Cabrera-Bisbal E. 2007. *Variación geográfica del impacto del cambio climático en el sector agrícola en Venezuela*. Ponencia presentada en I Congreso Venezolano de Agrometeorología y V Reunión Latinoamericana de Agrometeorología. Maracay, Venezuela.
- Thom H. 1971. *Some methods of climatological analysis*. Nota técnica N° 81. OMM N° 199. TP. 103. Secretaría de la OMM. Ginebra, Suiza pp. 1-11
- Wilhite D. y Glantz M. 1985. *Understanding the drought phenomenon; the role of definitions*. Water International. vol. 10 pp. 111-120

**DETERMINACIÓN DE PARAMETROS REFERENCIALES DE CO₂ Y CH₄, EN
RELLENO SANITARIO LA PARAGUITA**

**DETERMINATION OF REFERENCIAL PARAMETERS OF CO₂ Y CH₄,
IN LANDFILL “LA PARAGUITA”**

Recibido: 05-11-2008 / Aceptado: 12-03-2009 *Chassaigne, Gerdi¹; Pinto, Gilberto² (Autor de correspondencia)*

¹Área de Postgrado, Facultad de Ingeniería, ² Universidad de Carabobo (UC).

Departamento de Química, FACyT, Universidad de Carabobo.

(1)gerdich@gmail.com; (2)gjpinto@uc.edu.ve

RESUMEN

En el relleno sanitario La Paraguita, del eje costero del estado Carabobo, no se conocen los valores de las emisiones de gases de efecto invernadero, metano y dióxido de carbono, los cuales inciden sobre el cambio climático. El desconocimiento de estos parámetros no permitía llevar ningún control sobre su generación, en consecuencia, se producían incendios y explosiones descontroladas. El objetivo de esta investigación fue la determinación de los parámetros referenciales de metano y dióxido de carbono, para la caracterización del relleno bajo estudio. Esta caracterización se obtuvo mediante la aplicación del modelo matemático IMW-2, para lo cual se recopiló la información correspondiente a: población, generación de desechos residenciales y comerciales, vehículos de los residentes, cantidad y tipos de residuos, cantidad de material recuperado por reciclaje, en la comunidad bajo estudio. Estos datos alimentaron al modelo, lo que permitió obtener datos referenciales de emisiones en este relleno: 12.467 Ton de CO₂ y 5.541 Ton de CH₄, para lo dispuesto en el año 2007.

Palabras clave: Manejo de Residuos Sólidos, Cambio Climático, Gas Invernadero, modelo IMW-2.

SUMMARY

In the land fill La Paraguita, located in the eastern part of the costal axis of Carabobo State, emissions values of methane and carbon dioxide are not known, which have incidence on weather changes. These parameters unknown did not allow carrying out any control on their generation; consequently, out of control fire and explosion were taken place. The aim of this research was to determine referential parameters of methane and carbon dioxide to characterize the landfill under consideration. The mathematical model IMW-2 was used to perform this characterization, which required information about population, residential and commercial waste generation, vehicles of residents, amount and type of waste, amount of recovered material by recycling, in the community under study. These data fed the model that allowed getting referential data of emissions in this landfill: 12.467Ton of CO₂ and 5.541 Ton of CH₄, to the produced in 2007.

Key words: Management of solid waste, weather change, IMW-2 model.

INTRODUCTION

La basura orgánica, al degradarse en los vertederos y rellenos sanitarios, donde es descargada, produce metano, un gas de invernadero que tiene la capacidad de absorber 21 veces más calor en la atmósfera que el dióxido de carbono (CO₂), (IPCC, 2006). De esta forma, los desechos de naturaleza orgánica representan una emisión significativa de metano, que por lo general, es mayor en las comunidades que poseen más poder adquisitivo (Sánchez, 1999). La realización de este proyecto conlleva a la toma de decisiones en cuanto a Cambios en los sistemas de manejo de desechos sólidos, para reducir las emisiones de gases efecto invernadero (GEI), que inciden en los efectos del cambio climático, lo que permitirá la obtención de beneficios tangibles a los residentes de las ciudades y municipios, al mismo tiempo, que asegura a las generaciones futuras el acceso a los recursos que garanticen soporte a la salud, prosperidad y nivel de vida acorde a las aspiraciones sociales. Los riesgos del cambio climático global, como resultado de las emisiones de gases efecto invernadero (GEI) de origen antropogénico y sus muchos efectos negativos, se convirtieron en una importante preocupación de la comunidad científica internacional desde hace más de dos décadas (Ruiz, 2006). Ello condujo precisamente, a la creación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambios Climáticos (IPCC), organización dedicada al estudio del fenómeno, sus eventuales consecuencias y posibles soluciones. En enero de 2001, la Comisión Intergubernamental de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) sobre el Cambio Climático, presentó un informe en el que se ponía de manifiesto que la temperatura media de la Tierra había aumentado 0,6 grados en el siglo XX, así mismo prevé que la temperatura media del planeta subirá entre 1,4 y 5,8 °C entre 1990 y 2100. Este aumento provocará cambios en el nivel del mar (desde finales de la década de 1960 ha crecido entre

0,1 y 0,2 m y aumentará entre 0,09 y 0,88 m entre 1990 y 2100) y disminución de la cubierta de hielo y nieve (desde finales de la década de 1960 ha disminuido un 10%). Este informe de la ONU pone de manifiesto que la actividad humana contribuye sustancialmente al cambio climático. El calentamiento de la superficie terrestre parece estar relacionado, principalmente, con el aumento de la concentración de gases de efecto invernadero (como el metano y el dióxido de carbono) en la atmósfera. Venezuela, en la primera comunicación Nacional de cambio climático, en el año 2005, enmarcado dentro del Protocolo de Kioto, plantea desarrollar estudios sectoriales para las estimaciones de emisiones de Gases Efecto Invernadero (GEI) en los sectores de generación de energía, transporte, manejo de desechos sólidos, edificaciones, con recomendaciones dirigidas al uso de energías renovables, combustibles alternativos, adopción de un sistema integral de manejo de desechos sólidos y el uso intensivo de la eficiencia energética. En el año 2007 los Grupos de Trabajo I, II y III, del Panel Intergubernamental de expertos sobre el Cambio Climático de las Naciones Unidas (IPCC) relacionados, respectivamente, con la base científica, impacto, vulnerabilidad, adaptación y migración, presentaron el Cuarto Informe de Evaluación del IPCC, en el cual se sintetizó el entendimiento científico actual del calentamiento global y de las futuras proyecciones del cambio climático, mediante el uso de los más avanzados modelos climáticos globales. Las evaluaciones mostraron que el grado de cambios climáticos en las décadas por venir dependerá notoriamente de los escenarios de emisión de gases efecto invernadero. Los hallazgos científicos delineados en este reporte, son cruciales para los efectos de diseño y formulación de políticas climáticas. Esto requiere una visión sobre los escenarios futuros de estabilización de concentraciones de GEI, lo que a su vez requiere de una evaluación sobre los escenarios de emisiones a nivel global. Ello permitirá evaluar el esfuerzo que la comunidad deberá hacer para atacar el problema en su raíz. El objetivo de esta investigación es la determinación de los parámetros referenciales de metano y dióxido de carbono, para la caracterización del relleno sanitario La Paraguita, del eje costero del estado Carabobo conformado por la Mancomunidad de la Costa, integrada por los Municipios Puerto

Cabello y Juan José Mora. Esta caracterización se obtiene mediante la aplicación del modelo matemático IMW-2.

METODOLOGÍA

La metodología a seguir para el logro del objetivo consiste, primeramente, en reconocer el conjunto de operaciones y procesos que conforman el sistema de desechos sólidos del relleno sanitario La Paraguita, para lo cual se identifican las entradas y salidas del mismo. En la evaluación de un sistema para el manejo integral de los desechos municipales, las entradas corresponden a los desechos sólidos generados en la localidad en consideración, en este caso la Mancomunidad de la Costa (municipios Puerto Cabello y Juan José Mora del estado Carabobo), así como la energía y otros materiales necesarios para la operación del sistema. Las salidas son los productos beneficiosos y las emisiones atmosféricas, descargas al agua y material residual a disponer mediante relleno sanitario en el suelo. Una vez que se establece el conjunto de operaciones y procesos que conforman el sistema, se procede a calcular las entradas y salidas de cada proceso de tratamiento, utilizando los datos correspondientes a cada uno de ellos mediante el modelo Matemático IWM-2, herramienta que ha demostrado a través de su aplicación en otras regiones del mundo, su efectividad (McDougall, F, *et al.*, 2004). El modelo utilizado está diseñado para la técnica Inventario del Ciclo de Vida, la cual se fundamenta en los estándares ISO que se describen en el próximo punto. El modelo requiere datos sobre el número de habitantes y viviendas en el área de estudio, la cantidad de residuos generada por persona cada año, una caracterización de los residuos del área en cuestión. También se requieren datos preestablecidos, tales como los requerimientos energéticos, los costos de operación y la eficiencia operativa.

Estándares

Fondonorma ISO 14040:2004 Gestión ambiental. Análisis del ciclo de vida. Principios y Marco de referencia. (ISO 14040:1997). Esta norma internacional especifica el marco de referencia, los principios y los requisitos para llevar a cabo los estudios de análisis del ciclo de vida e informar sobre ellos. No describe en detalle la técnica de análisis del

ciclo de vida.

COVENIN-ISO 14041:2000 Gestión ambiental. Análisis del ciclo de vida. Definición de objetivos y alcance. Análisis del inventario. (ISO 14041:1998). Esta norma además de lo establecido en la COVENIN ISO 14040, especifica los requisitos y procedimientos necesarios para compilación y preparación de la definición del objetivo y el alcance del Análisis del Ciclo de Vida (ACV), y para realizar, la interpretación y el informe del Análisis del Inventario del Ciclo de Vida (ICV).

COVENIN-ISO 14042:2001 Gestión Ambiental. Análisis del ciclo de vida. Evaluación de impacto del ciclo de vida. (ISO 14042:2000). Esta norma Venezolana sirve de guía, dentro de un marco general, para la fase de evaluación de impacto del ciclo de vida (EICV) del análisis del ciclo de vida (ACV), y describe los aspectos claves y las limitaciones inherentes a la EICV. Especifica los requisitos para conducir la fase de la EICV y su relación de la EICV con otras fases del ACV.

COVENIN-ISO 14043:2002 Gestión ambiental. Análisis del ciclo de vida. Interpretación del ciclo de vida. (ISO 14043:2000). Proporciona requisitos y recomendaciones para conducir la interpretación del ciclo de vida en los estudios del ACV o ICV. No describe metodologías específicas para la fase de interpretación del ciclo de vida de los estudios del ACV o ICV.

Situación actual

Según los datos de la Oficina Central de Estadística e Informática, el censo del 2001 arrojó una población de 170.300 habitantes, incrementándose en 19.405 personas hasta el 2005, por lo que se estableció que el crecimiento de Puerto Cabello es de 2,9% anual, es decir, de 4.851 personas. Proyectando este crecimiento, la INE estima que la población crecerá de forma geométrica, a una tasa de 1,34%, internannual, con tendencias a disminuir hacia finales del periodo 2012, hasta ubicarse cerca del 1%, y en el Municipio Juan José Mora el crecimiento es de 1,4% anual, con tendencia a mantenerse. Estos valores no contemplan la población flotante y el incremento en

épocas de vacacionales por el turismo. En el Cuadro 1 se muestran los datos característicos de los municipios bajo estudio.

Cuadro 1. Datos característicos de los municipios bajo estudio.

Municipio	Año	Poblacion	Personas/Vivienda
Puerto Cabello	2005	189.708	5
	2006	192.250	
	2007	194.822	
Juan José Mora	2005	59.687	5
	2006	60.523	
	2007	61370	

Cuantificación y Caracterización de los residuos

De acuerdo a los registros que se llevan en el relleno sanitario La Paraguita, el 22% de los desechos municipales provienen del municipio Juan José Mora y el 78% de Puerto Cabello. El 4% del total que ingresa corresponde a los sectores comercial e industrial, siendo desechos no tóxicos ni peligrosos. Los tipos de desechos que han ingresado al relleno sanitario son: Residuos comerciales y domésticos, madera proveniente de desmontes, escombros, residuos metálicos como chatarra, latas y tira flejes. La población no servida es del 15%, por dificultad para las rutas de recolección. La generación de desechos en el año 2007 del municipio Puerto Cabello es de 0,79 Kg/día* Hab. y de Juan José Mora es 0,57 Kg/día*Hab. La recolección se lleva a cabo tres veces por semana y la distancia máxima recorrida para la recolección en Puerto Cabello es de 14 Km. y de Juan José Mora 9 Km. En cuanto a los costos de transporte de recolección, en Puerto Cabello corresponde a un monto de 118 bolívares y en Juan José Mora es de 164 bolívares. El costo de disposición final alcanza el valor de 16,33 BS/Ton. La recuperación de desechos, mediante el reciclaje, representa el 1,8 % del desecho recibido. Los resultados que corresponden a la caracterización de los desechos, se tomaron como valores promedios, discriminados por tipo y origen de los constituyentes, para lo cual se aplicaron los criterios establecidos por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos, en la distribución en una ciudad del sur de Venezuela (Puerto Ordaz): metales ferrosos = 1,45; materiales no ferrosos = 0,22; plásticos y gomas = 7,6; papel y cartón = 12,85;

vidrios = 3,6; textiles = 1,21; restos de alimentos y desechos de jardín = 71,2; madera = 0,44; anime = 0.05; otros = 1,38.

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Utilizando el modelo IWM-2, se ingresan los datos especificados en el punto anterior sobre 1) cantidad y composición de residuos, tantos domésticos como comerciales. 2) del sistema de recolección: número de habitantes, de viviendas, personas servidas y número de vehículos de residentes. 3) de los residuos remanentes y energía, los valores son igual a cero, por no existir procesos de tratamiento de los desechos. Una vez aplicado el modelo, se obtuvo que la producción de Dióxido de carbono es de 12.467 Ton. y de Metano 5.541Ton.. En el cuadro 2 se observan las emisiones al aire que se originan como salida del escenario actual de La Paraguita.

Cuadro 2. Emisiones al aire resultantes del escenario de disposición final actual del relleno sanitario La Paraguita.

	Units	Collection	Sorting	Biological	Thermal	Landfill	Recycling	Total
Particulates	g							
CO	g					176.314		176.314
CO2	g					12.467.969.659		12.467.969.659
CH4	g					5.541.351.193		5.541.351.193
NOx	g							
SOx	g	Zero	Zero	Zero	Zero	128.336.346.718	Zero	128.336.346.718
H2O	g							
SOx	g							
HCl	g					916.836		916.836
HF	g					183.367		183.367
H2S	g					2.821.031		2.821.031
TotalHC	g					26.216.310		26.216.310
ChlorinatedHC	g					493.680		493.680
Dioxin/Furans	g							
Ammoxia	g							
Arsenic	g							
Cadmium	g					79		79
Chromium	g					9		9
Copper	g							
Lead	g					72		72
Manganese	g							
Mercury	g					1		1
Nickel	g							
Zinc	g					1.058		1.058

CONCLUSIONES

No existe tratamiento para los gases y lixiviados, por lo que las emisiones no están controladas. Conociendo el comportamiento actual del Sistema del relleno sanitario la Paraguita, se deberá diseñar escenarios con diferentes procesos de tratamientos (biológicos, térmicos, reciclaje) que pudieran ser utilizados, de manera de determinar el Sistema Eficiente de Manejo de Residuos Sólidos que genere menos cargas ambientales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- COVENIN-ISO 14041:2000 *Gestión ambiental. Análisis del ciclo de vida. Definición de objetivos y alcance. Análisis del inventario.* (ISO 14041:1998).
- COVENIN-ISO 14042:2001 *Gestión Ambiental. Análisis del ciclo de vida. Evaluación de impacto del ciclo de vida.* (ISO 14042:2000).
- COVENIN-ISO 14043:2002 *Gestión ambiental. Análisis del ciclo de vida. Interpretación del ciclo de vida.* (ISO 14043:2000).
- Fondonorma ISO 14040:2004 *Gestión ambiental. Análisis del ciclo de vida. Principios y Marco de referencia.* (ISO 14040:1997).
- IPCC (1996). Good practice guidance and uncertainty management in national Greenhouse Gas Inventories waste
- IPCC (2007). *Evaluación de los grupos de trabajo I, II y III, relacionados con la Base Científica, Impacto, Vulnerabilidad, Adaptación y Mitigación, respectivamente.* Cuarto informe. Bruselas, Bélgica
- McDougall, F., White, P., Franke, M. y Hindle, P. (2004). *Gestión Integral de Residuos Sólidos: Inventario de Ciclo de Vida.* Caracas. P&G.
- McDougall, F., (1999). The use of Life inventory to optimize integrated solid waste management systems, Gothenburg, Sweden.
- Naciones Unidas (1992). *Conferencia sobre Medio Ambiente y Desarrollo,* Río de Janeiro.
- Naciones Unidas (2001). Informe Comisión Intergubernamental de la Organización de las Naciones Unidas.
- República Bolivariana de Venezuela. (2004). *Ley de residuos y desechos sólidos.* Gaceta Oficial N° 38.068 del 24 de noviembre de 2004. Caracas, Venezuela.
- Rodríguez, Y. y Pineda, M. (2007). *La experiencia de investigar.* Segunda Edición. Valencia, Venezuela.
- Ruiz Omar (2006). *Plan de acciones climáticas para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en las ciudades y municipios de elevados índices de población, vehicular y actividad industrial en Venezuela.* Caracas, Venezuela.
- Sánchez, R. (1999). *Diagnóstico preliminar sobre situación de los residuos sólidos municipales en Venezuela.* Caracas, Venezuela.
- Widenfalk, A., Svensson, J., Goedkoop, W. (2004). Effects of the Pesticides Captan, Deltamethrin, Isoproturon, and Pirimicarb on the Microbial Community of Freshwater Sediment. *Environ Toxicol Chem.* 23(8): 1920-1927.

LAS REDES DE INNOVACIÓN PRODUCTIVA COMO MEDIO PARA LA EDUCACIÓN AMBIENTAL

OBTAINING AN AUTOCTONOUS EXPERIMENTAL LIQUID CULTURE ENRICHMENT MEDIUM FOR *Lactobacillus plantarum*

Recibido: 07-12-2008 / Aceptado: 20-03-2009

Doralisa Rangel de Rivas

Dra. Profesora Titular (J), Coordinadora de Postgrado de UNELLEZ-Acarigua. Universidad Nacional Experimental de Los Llanos Ezequiel Zamora. Vicerrectorado de Producción Agrícola, Guanare, Estado Portuguesa. Venezuela.

dora0508@gmail.com

RESUMEN

La educación ambiental comunitaria es definitoria para la gestión ambiental, requiere acciones comprometidas de las comunidades con papel protagonista, comprendido y asumido como compromiso ético, para ello, estas colectividades tienen que estar capacitadas y es en la relación dialógica intersubjetiva que el ciudadano desde su propio discurso cotidiano, clarifica, reflexiona y evalúa. Un nuevo espacio comunitario para la educación ambiental lo constituyen las redes de innovación productiva, programa del Ministerio de Ciencia y Tecnología, están reinsertadas en las perspectivas de innovación para el desarrollo endógeno mediante la organización comunitaria, con múltiples actores articulados para aprovechar y desarrollar las capacidades y recursos de la comunidad que favorezcan el desarrollo humano, la productividad y la inclusión social en función del desarrollo sustentable. Objetivo: determinar cómo se manifiesta en su cotidianidad la educación ambiental a través de la asistencia recibida en las redes. El estudio se realizó con enfoque cualitativo, enmarcado en el paradigma hermenéutico, mediante adaptación del método fenomenológico, en sus tres etapas: **I Etapa previa**, clarificación de presupuestos consiste en reducir los presupuestos que determinan el curso de la investigación. **II Descriptiva**, su objetivo es lograr la descripción del fenómeno en estudio lo más completa posible y no prejuiciada, **III Etapa Estructural**, radica en el estudio de las descripciones contenidas en los protocolos. La técnica para recoger los datos fue la entrevista dialógica con 5 informantes claves de las redes: ocumo, alimentación alternativa animal, ganadería de doble propósito y uso del agua para riego en el estado

Portuguesa. Aproximaciones concluyentes: los entrevistados en su experiencia vivida expresan el significado de la educación ambiental en 5 dimensiones.

Palabras clave: *Redes de innovación, educación ambiental, fenomenología*

SUMMARY

The communitary environmental education is a definition for the environmental management it requires actions of commitment from the communities with a leading role, understood and assumed as an ethical commitment, thus, this community has to be capacitated and is in their relationship of dialogue and intersubjective that the citizen from his own daily speech, clarifies, reflections and evaluate. A new communitary space for the environmental education are the nets of productive innovations, program of the ministry of science and technology, reinstalled in the perspectives of innovation for the endogenous development thru the communitary organization, with many actors articulated to take advantage and develop the capacities and resources of the community that enhance the human development, the productivity and the social inclusion to get a sustainable development. Objectives: determine how is the development of the environmental education thru the help that receives on the nets. The study has been done with a qualitative focus, framed on a hermeneutics paradigm, thru the adaptation of the

fenomenologic method, in the three stages: I Stage previous clarification of budgets consist in reducing the budget that determined the flow of the investigation. II Descriptive, its object is to get the description of the phenomenon in the study as complete as possible without damage, III Structural Stage, it consisted in the study of the descriptions in the protocols. The technics to gather the data was the dialogic interview with five (5) key informants of the Ocumo nets, animal alternative feeding, double-purpose cattle breeding and the use of the water for irrigation in the state of Portuguesa. Approximations to conclude: the interviewed in their experience Express the meaning of the environmental education in five (5) dimensions.

Key word: *Nets of innovation, environmental education, phenomenology.*

INTRODUCTION

Ante la problemática ambiental surge la necesidad de generar programas de amplia cobertura para nuevos escenarios y otros actores sociales que requieren re-crear las relaciones con el ambiente para su conservación. Desde esta perspectiva es urgente el desarrollo de otros modelos innovadores, éticos e integradores, incorporados a las prácticas cotidianas de los seres humanos como entes creadores de su propia realidad.

La educación ambiental comunitaria es definitoria para la gestión ambiental, no sólo es cuestión del estado como promotor, sino de acciones comprometidas de las comunidades con papel protagónico, comprendido y asumido como compromiso ético, para ello, tienen que estar capacitadas y es en la relación dialógica intersubjetiva que el ciudadano desde su propio discurso cotidiano, clarifica, reflexiona y evalúa.

Entre los nuevos espacios comunitarios para la educación ambiental están las redes socialistas de innovación productiva, programa del Ministerio de

Ciencia y Tecnología (MPPCYT), se reinsertan en las perspectivas de innovación para el desarrollo endógeno mediante la organización comunitaria, con múltiples actores articulados para aprovechar y desarrollar las capacidades y recursos de la comunidad que favorezcan el desarrollo humano, la productividad y la inclusión social en función del desarrollo sustentable. Son espacios para la construcción en colectivo, relacionados con la producción familiar, campesina o urbana. Cedillo (2006) concibe las redes como un programa “para microempresas y cooperativas entrelazadas por vínculos familiares, étnicos y afectivos profundamente arraigados con un altísimo componente sociocultural propio, el cual propicia la cooperación más allá de los meros propósitos productivos, mercantiles o competitivos”. Es evidente que esta intencionalidad genera escenarios en los que la dimensión ambiental es base fundamental, por lo que requieren de una educación ambiental cónsona con su entorno.

Igualmente, por su parte, Rangel (2007) explica que

La interpretación hecha por los actores sobre las redes evidenció: insuficiente cultura de los productores para el trabajo en colectivo (redes) que obstaculiza mejores logros en la capacitación para el desarrollo endógeno y sustentable, el sistema de trabajo en redes incorporó a los productores en la planificación y la gestión de su capacitación acorde a sus necesidades, el intercambio de ideas, experiencias y técnicas entre académicos y productores genera un nuevo conocimiento y crea confianza en su capacidad de aportar a la solución de los problemas de su entorno.

La responsabilidad en la conservación del ambiente requiere fomentar la toma de conciencia como esquema de conducta trascendente, en este caso, el pequeño productor agrícola que por lo general ha sido tocado por algunos de los indicadores de la problemática generada por: la ausencia de formación en educación ambiental, la falta de modelos a quien imitar, el antropocentrismo, la creencia que la naturaleza es invencible y una débil cultura sobre la conservación del ambiente, puede comprometer el éxito integral de las redes como escenarios de educa-

ción ambiental, desde esta perspectiva es fundamental indagar qué sentido tiene para los productores la educación ambiental; por ello se planteó como objetivo: determinar qué significado tienen estos actores sociales sobre la educación ambiental recibida en la red como marco referencial.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El estudio se efectuó en cinco redes del estado Portuguesa: ocumo, alimentación alternativa animal, agua para riego y ganadería de doble propósito con sus respectivos promotores, quienes sirvieron de informantes claves, fue realizado bajo enfoque cualitativo y se enmarca en el paradigma hermenéutico, utilizando el método fenomenológico, el cual como lo señala Martínez (2004) “estudia las realidades cuya naturaleza y estructura peculiar sólo pueden ser captadas desde el marco de referencia del sujeto que las vive y las experimenta, su esencia depende del modo en que es vivida y percibida por el sujeto”. Para este autor la vivencia “no se reduce a algo que caiga bajo la experimentación y la medición, sino que las vivencias son unidades de significado, unidades de sentido”, consiste en valorar la vivencia.

Etapas del estudio:

I Etapa previa clarificación de presupuestos consiste en reducir los presupuestos que determinan el curso de su investigación y precisar su posible influencia.

II Etapa descriptiva, el objetivo de esta etapa

Martínez (Ob. Cit) es lograr la descripción del fenómeno en estudio lo más completa posible y no prejuiciada, al mismo tiempo que refleje la realidad vivida por cada sujeto, su mundo y su situación. Pasos: 1) elección de la técnica: Los datos se recavaron mediante la técnica de la entrevista dialógica 2) realización de las entrevistas, se desarrollaron en ambiente dialógico, de libertad, 3) elaboración de la descripción protocolar, este paso consistió en describir la materia base sobre la que se centrará el estudio, lo más completa sin omitir datos de relevancia con todos sus detalles se corresponde con la transcripción de las entrevistas tal como fueron manejadas.

III Etapa Estructural, consistió en el estudio de las descripciones contenidas en los protocolos, tratar de ver todo lo dado, observar la variedad y complejidad de las partes. Pasos: 1) lectura general de la descripción de cada protocolo, con la actitud de revivir la realidad en su situación concreta y reflexionar acerca de la situación vivida, 2) delimitación de las unidades temáticas naturales, 3) determinación del tema central que domina cada unidad temática, 4) expresión del tema central en lenguaje científico, 5) integración de todos los temas centrales en una estructura particular descriptiva. Constituye el centro de la investigación, 6) integración de todas las estructuras particulares en una estructura general, este procedimiento dialógico aclara y perfecciona el conocimiento logrado.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

SIGNIFICADO DE LA EDUCACIÓN AMBIENTAL A TRAVÉS DE LAS REDES

Etapa estructural

Segundo paso	Tercer paso	Cuarto paso
Delimitación de Unidades Temáticas.	Determinación del tema central de cada unidad temática.	Expresión del tema central en lenguaje científico
A mi particularmente me parece que la realización de actividades con la misión árbol, dictado de talleres sobre el ambiente y zonas ganaderas es muy importante, Párraf. 6 Creo que es poco se requiere más monitoreo para el manejo, Párraf 10 La gente necesita que le ayuden con bancos forrajeros. Párraf 12 Las universidades deben formarnos más nosotros hemos aprendido bastante pero son muchas cosas Párraf 19 (informante 1).	El informante 1 siente que requieren más formación, más apoyo. Tiene la sensación de que la conservación son muchas cosas	El informante percibe necesidad de aprendizaje evidencia motivación y concibe al área de la conservación muy amplia que requiere conocer.

<p>Los productores organizados en redes han recibido programas, días de campo, recorridos y demostraciones que ellos después han venido enseñando a otros, del cuidado del ambiente .Párraf.9 Se requiere servicios de divulgación más amplios para poder enseñar a las comunidades. Párraf 12 sobre todo de saneamiento ambiental Párraf 13 Tenemos que saber más sobre reciclaje, para reducir los desperdicios y esto educa la gente Párrf 17 (informante 2)</p>	<p>Opina que se ha enseñado a otras personas lo aprendido en las redes. Expresa que el cuidado del ambiente debe tener mayor divulgación. Siente que requiere saber de reciclaje Informante 2</p>	<p>La experiencia le ha permitido la transferencia de conocimientos, tiene la sensación que la divulgación es insuficiente, tiene conciencia sobre el valor de los desechos y residuos sólidos y valor por la educación. Informante 2</p>
<p>La conservación del ambiente es muy importante, nosotros como miembros de las redes nos sentimos contentos porque estamos colaborando. Párrf 3 En los últimos dos años hemos participado en cursos, talleres, seminarios, conferencias Párrf 6. Nosotros tenemos muy en cuenta evitar la tala y la quema Párrf 9 Aprendimos a utilizar materia prima en la preparación de alimentos balanceados para animales Párraf. 11 conocimos la importancia de usar el abono orgánico, crianza de animales con bajo daño al ambiente. Los conocimientos sobre como preservar el ambiente son muchos y esperamos aprender más Párraf 16 Nosotros debemos multiplicar el mensaje. Párrf 17. Es un deber ayudar y dejarle un mundo limpio a otras generaciones Párraf 22. Informante 3</p>	<p>Concibe la conservación del ambiente como muy importante, expresa sentimiento de colaboración Valoración de los aprendizajes, unido a las esperanzas de aprender más para desarrollar su papel como multiplicadores. Compromiso para dejar otras generaciones un mundo mejor. Inf.3</p>	<p>Valoración por la conservación. Satisfacción por el aprendizaje recibido Conciencia por su responsabilidad como educadores. Compromiso con el futuro del ambiente. Inf.3</p>
<p>Yo creo que el Ministerio de PP de Ciencia y Tecnología ha jugado un papel muy importante en las redes, sólo que los trámites son engorrosos, pero hemos aprendido Párrf. 3. Nos han insistido sobre la disminución de agroquímicos para el control de malezas, mediante la distancia entre plantas e hileras que permite el uso de desmalezadoras. Párrf9 La paga a jornaleros para hacer manual el control de malezas resulta costoso Párrf 10 Nuestras siembras al lado de los lechos, bueno de las vegas del río no hace daño como el saque de arena, ahí se está haciendo mucho daño Párrf 15 Nos enseñaron a considerar el estudio de suelo como una inversión, para saber que nutrientes necesitaba antes le echábamos el del maíz, todo eso ayuda a una mejor producción, eso es un suelo alcalino. Párraf 17 Para todos lo productores es necesario un curso de conservación de cuencas Párraf 19 yo siento que es necesario un curso completo de educación ambiental que sea específico de educación ambiental y es urgente una preparación en el manejo del residuos por que eso es un problema Párraf 20 Informante 4</p>	<p>Estimación por el papel del Ministerio de Ciencia y Tecno, Crítica por la tardanza en la respuesta del Ministerio. Preocupación por las extracciones de arena lo que evidencia percepción de daño ecológico. Manifestación de profundizar en educación ambiental. Informante 4</p>	<p>Visión crítica del Ministerio de CYT Significado de los daños ecológicos. Expectativas de aprendizaje en educación ambiental.</p>
<p>Nosotros en la red hemos recibido buena formación para la conservación ambiental. Párrafo 3 Talleres de la problemática ambiental enfocada al uso del agua de riego como conservación de cuencas, sensibilización para el uso del agua para riego. Manejo eficiente del recurso hídrico en el embalse “Las Majaguas” Párraf. 4 Yo creo que éstas actividades contribuyeron a fomentar nuestra conciencia ambientalista. Párraf. 5 Siento que el uso del agua en general, es muy importante y se debe considerar la concientización de las personas respecto a la contaminación del agua. Párraf 8 Siempre he pensado que es un problema, no sólo de las instituciones gubernamentales, sino también de la comunidad en general. Párrf 9 Se deben implementar actividades con la comunidad para lograr así una relación armónica con la naturaleza. Párraf 10 Es muy necesario crear un ambiente donde los niños, niñas y todos los habitantes puedan desarrollarse en forma sana Informante 5</p>	<p>Estima buena formación recibida en la red para la conservación del ambiente. Aprecia la formación para el fomento de la conciencia ambientalista. Valoración por el uso del agua., preocupación por la concientización de las personas sobre la contaminación del agua. Incluye la responsabilidad de la comunidad y no sólo del estado Expectativas de programas educativos para que las comunidades armonicen las relaciones con la naturaleza. Informante 5</p>	<p>Valoración de la educación como proceso social, para fomento de la conciencia ambientalista. Responsabilidad y compromiso tanto del estado como las comunidades en el uso racional del agua. Expectativas de relaciones armónicas hombre-naturaleza</p>

ANÁLISIS DE RESULTADOS
SIGNIFICADO DE LA EDUCACIÓN AMBIENTAL
Etapa estructural

5to paso Integración de todos los temas centrales en una estructura particular descriptiva	6to paso Integración de todas las estructuras particulares es un estructura general
<p>En su mayoría los informantes sienten que requieren más formación y más apoyo, esta conducta tal vez se debe a la falta de integración de todos actores públicos que intervienen en el trabajo mancomunado de las redes, cultura que no es frecuente en el estilo común del trabajo. Por otra parte, expresan la sensación de que la conservación son muchas cosas, se observa esta impresión a lo largo de todas las entrevistas. Conducta bastante positiva para generar motivación por el aprendizaje y evidencia percepción más detalladas de los factores que intervienen en la conservación del ambiente.</p> <p>Una declaración relevante que expresa lo que significa para ellos la conservación del ambiente en cuanto a la responsabilidad compartida, la constituyen algunas prácticas actuales para enseñar a otras personas lo aprendido en las redes, vinculado a su deseo de aprender, lo que evidencia también la percepción que tienen de grupo responsable de transmitir conocimiento con tecnologías menos contaminantes en beneficio de la comunidad.</p> <p>Se observa en los informantes la preocupación por el cuidado del ambiente, cuando expresan que debe tener mayor divulgación, esto demuestra el valor que le conceden a la necesidad de difundir el mensaje conservacionista. Igualmente hay un positivo interés por el problema de los desechos sólidos al expresar requerimiento de capacitación, al referirse a la necesidad que siente y requieren saber de reciclaje, esto coincide con el valor que le conciben a la conservación del ambiente al definirla como muy importante. Es relevante destacar que se sienten incluidos en el compromiso de la conservación al estimar el sentimiento de colaboración por que están realizando en las redes. Valoración de los aprendizajes relacionados con la conservación ambiental expresado cómo esperanzas de aprender más, este comportamiento refleja que consideran el aprendizaje como un proceso de donación de sentido, de significado a las experiencias para la conservación del ambiente que les permite discernimiento y de búsqueda intencional de objetivos y metas, al relacionar con la conciencia de su papel como multiplicadores, preocupación por profundizar en educación ambiental y el compromiso para dejar otras generaciones un mundo mejor.</p> <p>Se observa claramente la estimación por el papel del Ministerio Poder Popular de Ciencia y Tecnología, sin dejar de cuestionar la tardanza en la respuesta del ministerio. Preocupación por el uso irracional del agua y el compromiso de conservar el ambiente para futuras generaciones.</p>	<p>El significado que le atribuyen los cinco informantes claves a la educación ambiental a través de su experiencia en las redes se puede estructurar en cuatro dimensiones: La educación ambiental es un proceso compartido estado comunidad, que requiere de un desarrollo formativo constante y de amplia cobertura para conservar el ambiente y a la vez cumplir con la responsabilidad de ser multiplicadores de tal forma que su accionar sea de compromiso por un ambiente más sano.</p> <p>Con esta visión se requiere optar por patrones que promuevan la participación, enmarcados en la teoría crítica en la que el sustento pedagógico sea el compromiso de todo ciudadano de contribuir con la transformación del mundo, de imprimir racionalidad a las relaciones del hombre con el ambiente, en el que el soporte comunicacional sea bidireccional, fundamentado en el cambio de rol del docente como mediador del aprendizaje para ayudar al participante a problematizar y a avanzar en el desarrollo del conocimiento mediante un proceso autogestionario que pueda alcanzar la conciencia crítica en su actuación para apreciar el ambiente como valor.</p> <p>Esta investigación asume la importancia de conocer directamente de los actores en su discurso vivido, cómo se manifiesta en su cotidianidad la capacitación en educación ambiental en la asistencia recibida en la redes de innovación productiva para el desarrollo endógeno, se busca que el pequeño productor tome conciencia de su responsabilidad en la conservación del ambiente.</p> <p>Los hallazgos permiten interpretar que los factores que motivaron a la autora para la realización de este estudio con la intencionalidad de determinar cómo las redes son un medio para la educación ambiental, que pueden atenuar la destrucción de los recursos naturales y degradación de los ecosistemas productivos causados por patrones tecnológicos inadecuados y ser suplantados con formas alternativas de desarrollo y de la conducción integrada de los recursos menos degradantes del ambiente, resultan ser un escenario pertinente siempre y cuando la incorporación de la dimensión ambiental en la redes sea producto de la gestión participativa, la sinergia social del espacio local y comunitario, la reflexión y acción del quehacer diario para que los ecosistemas mantengan su capacidad de autorregulación, conservación y reproducción como principio rector del desarrollo endógeno a través de las buenas y nuevas prácticas del manejo de los recursos</p> <p>Se parte de que no existe un modelo alternativo acabado de educación ambiental, pues como proceso social siempre será cambiante, ajustado a las necesidades y condiciones de las comunidades donde concurren diferentes lógicas, producto de la organización cultural de las comunidades y de la dinámica de ecosistemas.</p>

CONCLUSIONES

-El estudio permitió confirmar que las redes de innovación productiva son un escenario propicio para

crear conciencia y significado sobre la conservación ambiental.

-Igualmente se infiere que los contenidos sobre

técnicas para mejorar el ambiente administrados como una actividad especial como cursos, talleres, días de campo, recorridos son un recurso pedagógico siempre y cuando las estrategias de enseñanza, (el método y técnicas) estén orientados a ejemplos y vivencias de la cotidianidad de cada productor, con ejemplos prácticos contextualizados basados en sus experiencias

-De la misma forma, el encuentro de saberes que se da en las redes de innovación como pivotes para el desarrollo endógeno, constituye una experiencia de educación ambiental interdisciplinaria, que permite una valoración de las prácticas del uso racional de los recursos en las actividades productivas tradicionales

-La adquisición de conocimientos criterios y técnicas para la educación ambiental fortalecen los patrones de comportamiento en beneficio de la conservación del ambiente, lo que se evidencia en los testimonios escritos de los entrevistados.

-Se requiere capacitarlos mejor para que realicen transferencia o extrapolación de los casos exitosos a otras comunidades.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Martínez, M 2004. *Ciencia y arte de la investigación cualitativa México*. Edit. Trillas
- Núñez, Miguel. *Propuesta de desarrollo rural sustentable (2002)* Auspiciado por el Parlamento Latinoamericano Venezuela.
- Peña, J (2003). *Programa de redes de cooperación productiva*. Caracas. Plan Nacional de ciencia y Tecnología (2001) Venezuela Caracas Ministerio de Planificación Nacional
- Rangel, D (2008). Niveles de integración de las políticas públicas de ciencia y tecnología en las prácticas cotidianas de los productores agrícolas presentado en la VII Jornadas Latinoamericanas de estudios sociales de la ciencia y tecnología (ESOCITE) Río de Janeiro. Brasil
- Sagasti, F. (1977). “*Reflexiones sobre la endogenización de la revolución científico-tecnológica en países desarrollados*” *Interciencia* V. 2, N4
- Segura, B.O. (2002). “*Desarrollo Sostenible y Políticas Públicas en Centroamérica*”, Centro Internacional en Política Económica, Universidad Nacional de Costa Rica.

INTERACCION DE FACTORES DE RIESGO Y OCURRENCIA DE ACCIDENTES DE TRANSITO TERRESTRE EN LA CARRETERA TRONCAL T005-CO, DEL SECTOR SAN LUIS, MUNICIPIO TINACO - ESTADO COJEDES.

INTERACTION OF RISK FACTORS AND OCURRENCE OF TERRESTRIAL TRAFFIC ACCIDENTS AT THE TRUNK ROAD T005-CO IN SECTOR SAN LUIS, TINACO MUNICIPALITY, COJEDES STATE

Carlos Díaz¹; Iraida Vivas²; Nahir Carballo³; Celia Herrera⁴

¹ Profesor Instructor, adscrito al Programa Ingeniería del Vicerrectorado de infraestructura y procesos Industriales, UNELLEZ, Cojedes, Venezuela. E-mail: *diazcarlos@cantv.net*

² MSc. (UCAB, Caracas, Venezuela). Profesora Agregado, adscrito al Programa Ingeniería del Vicerrectorado de infraestructura y procesos Industriales, UNELLEZ, Cojedes, Venezuela. E-mail: *vivasiraida@cantv.net*

³ MSc. (UCAB, Caracas, Venezuela). Profesora Agregado, adscrito al Programa Ingeniería del Vicerrectorado de infraestructura y procesos Industriales, UNELLEZ, Cojedes, Venezuela. E-mail: *nahirdelc@cantv.net*
Profesora de la Universidad Central de Venezuela. *Herreracelia@ucv.edu.ve*

RESUMEN

La investigación tuvo como objetivo primordial; evaluar los factores de riesgo que intervienen en la ocurrencia de accidentes de tránsito terrestre en la carretera Inter-urbana Troncal T005-CO en el Sector San Luis del Municipio Tinaco del Estado Cojedes. Se ejecutaron los levantamientos topográficos detallados de los elementos geométricos de la vía en su estado actual. Desde el punto de vista geométrico en cuanto a su trazado horizontal ambas curvas mostraron un adecuado y armónico trazado entre las tangentes y los tramos curvos de la vía. La vía carece de un trazado armónico de la pendiente actual de eje, variando significativamente la pendiente en el tramo comprendido entre las progresivas 80+920 y 81+520. No existe isla central que divida los canales de circulación, a pesar de ser una vía de cuatro canales. En la curva 1, no hay un trazado armónico de la pendiente actual de eje de la vía; existe variación significativa de la pendiente en el tramo comprendido entre las progresivas 80+920 y 81+520 (En progresivas cada 20 m) en el que no se aprecia que existan curvas verticales bien definidas. El peraltado en la curva 1 y en la 2 es deficiente y mal distribuido. El drenaje superficial es insuficiente como consecuencia de la falta de peralte y bombeo. El tramo carece de señalización adecuada en ambos sentidos. Se determino que ocurren más accidentes en la

dirección San Carlos-Tinaco, un 80% de los accidentes ocurrieron durante el día, entre las horas 6:00 AM y 6:00 PM, siendo el tipo de accidente de mayor incidencia (46%) la colisión, seguido con un 31% por el volcamiento, combinado con colisión, deslizamiento y choque con objeto fijo. Se realizaron recomendaciones para minimizar los factores de riesgo entre los que destacan el plan de educación vial y la señalización de las curvas.

Palabras clave: Factores de Riesgo, Accidentes de Tránsito, Carretera Troncal.

SUMMARY

This research has as a main objective to evaluate risk factors taking part in the occurrence of road traffic accidents at interurban trunk road T005-CO in sector San Luis at Tinaco Municipality, Cojedes state. Detailed topographic surveys of the geometric elements of the track in its current state were carried. From a geometric viewpoint, in their horizontal layout, both curves showed a smooth and proper layout between the tangents and the curved portions of the track. The track lacks a harmonious layout trace of the current slope of the axis, and it varies

significantly in the section between the progressive 80 +920 and 81 +520. There is no central island dividing the channels of circulation, despite being a four channels way. In the curve 1, there is not a harmonious layout of the axis current slope of the track; there is a significant change of slope in the section between the progressive 80 +920 and 81 +520 (progressive in every 20 m) in which does not appear that there are well defined vertical curves. The cant both in curves 1 and 2 is inadequate and poorly distributed. The surface drainage is insufficient as a result of the lack of cant and pumping. The stretch lacks adequate signaling in both directions. It was determined that most accidents occur in the direction Tinaco-San Carlos, 80% of the accidents occurred during the day, between 6:00 am and 6:00 pm; the most common accidents are collisions (46%), followed by turnover (31%), combined with a collision, slipping and collision with a fixed object. Recommendations were made to minimize the risk factors including to apply a transit education plan and signalization of the curves.

Key words: *Risk factors, traffic accidents, trunk road.*

INTRODUCCION

Los accidentes de tránsito son un problema de salud pública desde el mismo momento en que se inició el automovilismo en el mundo. La Organización Mundial de la Salud (O.M.S.) define accidente como: Evento independiente del deseo del hombre, causado por una fuerza externa, ajena, que actúa súbitamente y deja heridas en cuerpo y mente (Gold 1998). En el caso de accidente de tránsito, puede ser definido como un evento casual que involucra al menos un vehículo que circula normalmente por una vía de tránsito, pudiendo ser un vehículo motorizado o no (Gold 1998). Como consecuencia de los accidentes de tránsito surge el tema de la Seguridad vial, que está ligada a dos conceptos o fenómenos: el peligro y el riesgo. Peligro se define como “Aquella situación de la que se puede derivar un daño a una persona o cosa”. El Riesgo se define como “La contingencia o posibilidad de que suceda un daño, desgracia o contratiempo” (Sanz 1998). La

seguridad vial clásica tiene como objetivo intentar reducir el riesgo de accidentes, y presentar los resultados como éxitos en la reducción del peligro (Sanz 1998).

En el Estado Cojedes, se presenta una alta ocurrencia de accidentes de tránsito terrestre, por lo que se ha dado en llamar a la vialidad como, carreteras de la muerte y de las más inseguras de Venezuela (Las Noticias de Cojedes 15-09-2004). Existen en el estado Cojedes muchos sitios críticos donde la incidencia de accidentes es muy recurrente. Uno de estos sitios es él denominado curva de San Luis, ubicado entre las progresivas 0+000 y 2+000 de la carretera que conduce desde la población de Tinaco a la Ciudad de San Carlos en jurisdicción del Municipio Tinaco. Por ello, esta investigación tiene como objetivo fundamental Evaluar los factores de riesgo que intervienen en la ocurrencia de accidentes de tránsito terrestre en la carretera Inter-urbana Troncal T005-CO en el Sector San Luis del Municipio Tinaco del Estado Cojedes.

METODOLOGIA

Diagnóstico de las condiciones físicas del tramo de la carretera Troncal T005-CO comprendido entre las progresivas 80+920 y 81+900, en el sector San Luis del Municipio Tinaco, Estado Cojedes.

En esta fase se realizó el levantamiento topográfico detallado desde la progresiva 80+920 hasta la progresiva 81+900, comprendiendo una extensión de 980 m. Se utilizó para ello una Estación Total, modelo SET-600 y un nivel electrónico modelo SDL-30, ambos de marca Sokkia. Se establecieron en total cincuenta y un (51) secciones transversales (situadas a cada 20 m una de otra), con la finalidad de conocer sobre las condiciones de la calzada de la vía, y tomando información de siete (7) puntos por cada sección transversal definida, para un total de trescientos cincuenta y siete (357) puntos entre las progresivas establecidas. Se levantaron también los puentes, las intersecciones y las señalizaciones existentes en el exterior de la vía del tramo estudiado. Con la información obtenida se generó un plano topográfico detallado con curvas de nivel a una equidistancia de 20 cm. Posteriormente se elaboró el trazado horizontal de la calzada de la vía, el perfil

longitudinal actual del eje carretero y la representación de las secciones transversales de la calzada de la vía.

Obtención de datos sobre accidentes de tránsito ocurridos en el lapso 1991-2008.

Se realizó en esta fase una revisión de las estadísticas del Instituto Nacional de Tránsito y Transporte Terrestre (INTTT), a nivel estatal, y los diarios de circulación regional (Noticias de Cojedes y La Opinión), con el fin de conocer los registros de accidentes de tránsito ocurridos en el área. Se consideraron elementos que permitieron definir un patrón de ocurrencia de accidentes, estos fueron: Fecha y hora del accidente, tipo de accidente, sentido de la circulación, vehículos involucrados, condiciones de humedad de la vía, lesionados y decesos acaecidos. Se pudo obtener información para un período de dieciocho (18) años.

Factores de riesgo que inciden en la ocurrencia de accidentes de tránsito en el sector.

Se delimitaron los factores de riesgo que inciden en la ocurrencia de accidentes de tránsito en el sector y que tienen relación con la estructura vial. Entre estos factores tenemos; fallas de peralte, fallas de la base asfáltica por la presencia de baches en la curva 2, fallas de señalización con franjas de pintura blanca inadecuada en el desarrollo de las curvas horizontales, fallas en el drenaje superficial de la calzada de la vía.

Con los datos de accidentes de tránsito ocurridos en el lapso 1991 y 2008, se consideraron factores de riesgo fuera de la estructura vial. Entre ellos tenemos; imprudencia del conductor, asfalto húmedo, influencia alcohólica.

DESCRIPCIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Evaluación de las condiciones físicas del tramo de la carretera T005-CO comprendido entre las progresivas 80+920 y 81+900, en el sector San Luis del Municipio Tinaco.

Trazado Horizontal.

Analizando el trazado horizontal se determinaron

las condiciones geométricas imperantes en la actualidad, obteniendo en el tramo estudiado dos curvas simples: la primera con un radio de 350 metros, un ángulo de deflexión de $-15^{\circ} 05' 41''$, la tangente de entrada (TE), centro de la curva (CC), y tangente de salida (TS), en las progresivas 81+174.76, 81+220.86 y 81+266.97 respectivamente; la segunda con un radio de 310 metros, un ángulo de deflexión de $49^{\circ} 53' 38''$, la tangente de entrada (TE), centro de la curva (CC), y tangente de salida (TS), en las progresivas 81+477.46, 81+612.44 y 81+747.41 respectivamente. El ancho de calzada de la vía es de 18.40 m. Geométricamente ambas curvas muestran un adecuado y armónico trazado horizontal entre las tangentes y los tramos curvos de la vía, el rayado divisorio del eje y de los cuatro canales de que dispone la calzada también están adecuadamente delimitados y no existe a pesar de ser una vía de cuatro canales, isla central que divida los canales de ambos sentidos.

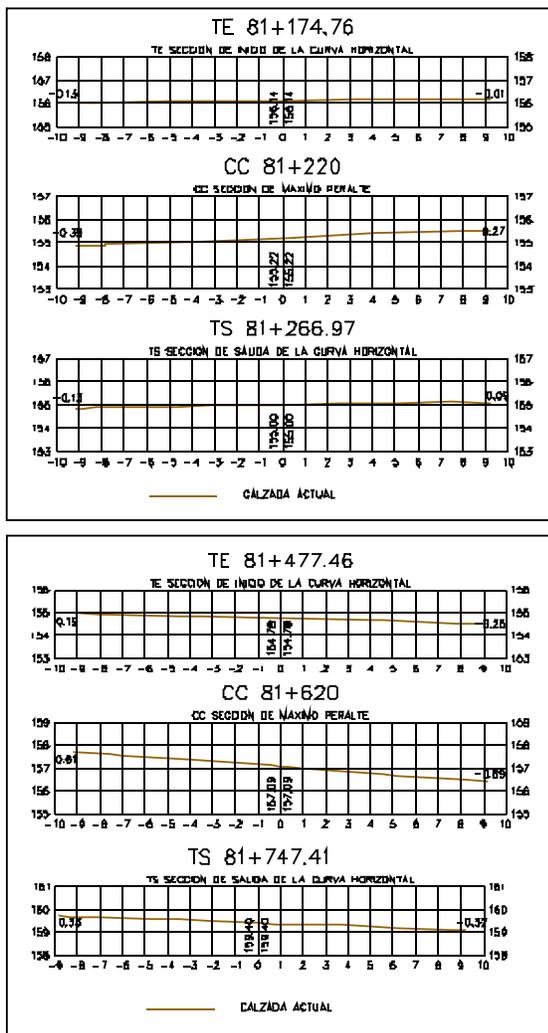
Con respecto a la señalización, en las dos curvas horizontales se observan situaciones indeseadas. Sobre la calzada derecha de la vía, en la curva 1, se observan restos de pintura blanca entre las progresivas 81+180 y 81+240, y en la calzada izquierda, en la curva 2, entre las progresivas 81+460 y 81+640, contraviniendo las recomendaciones técnicas para utilización de pintura sobre la calzada de la vía.

Trazado vertical transversal.

Con respecto al trazado transversal de la vía y analizando solamente las secciones transversales en los puntos fundamentales del eje de la misma como son: Tangente de entrada (TE), centro de la curva (CC) y tangente de salida (TS) de las dos curvas horizontales, se aprecia que:

En la curva 1, ubicada entre las progresivas de la TE 81+174.76, CC 81+220.86 y la TS 81+266.97, hay una deficiencia significativa de peralte en las secciones transversales; así por ejemplo; en la TE de la curva (Prog. 81+174.76), el borde derecho de la sección está a 1 cm más bajo que la cota del eje y el borde izquierdo está trece (13) cm más bajo que la cota del eje. En el CC de la curva (Prog. 81+220), el borde derecho de la sección está a veintisiete (27) cm más alto que la cota del eje y el borde izquierdo está

treinta y nueve (39) cm más bajo que la cota del eje. En la TS de la curva (Prog. 81+266.97), el borde derecho de la sección está a nueve (9) cm más alto que la cota del eje y el borde izquierdo está treinta y nueve (39) cm más bajo que la cota del eje. En la curva 2, ubicada entre las progresivas de la TE 81+477.46, CC 81+620 y la TS 81+747.41, se observa que en las secciones transversales correspondientes si existe peraltado, la TE de la curva (Prog. 81+477.46), el borde derecho de la sección está a veinticinco (25) cm más bajo que la del eje y el borde izquierdo está diez y nueve (19) cm más alto que la cota del eje. En el CC de la curva (Prog. 81+620), el borde derecho de la sección está a sesenta y nueve (69) cm más bajo que la cota del eje y el borde izquierdo está sesenta y un (61) cm más alto que la cota del eje.



Figuras 1 y 2. Secciones Transversales de las Curvas 1 (Derecha) y Curva 2 (Izquierda).

Factores de riesgo que inciden en la ocurrencia de accidentes de tránsito en el sector.

Con la información obtenida en el periodo de años considerados, se registraron 82 accidentes de tránsito en el sector carretero estudiado, indicando la Figura 3 la distribución del total por año, donde se aprecia que de estos accidentes, el 54 % ocurrió durante los años 2004, 2005 y 2006.

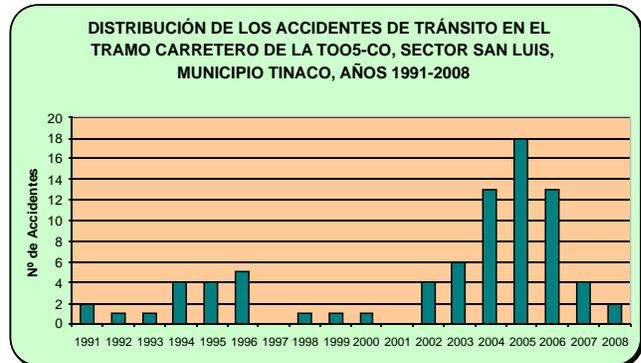
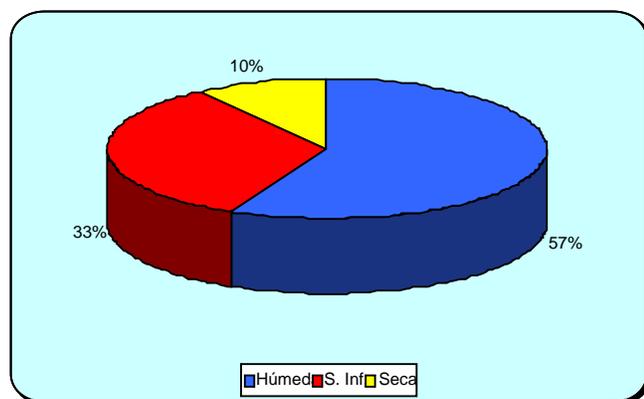
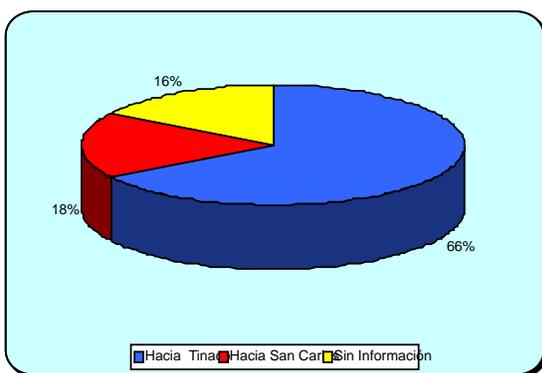


Figura 3. Distribución anual de los accidentes acaecidos en el Sector San Luís de la carretera T005-CO.

A pesar de que la información sobre la hora del accidente fue difícil acceder para todos los registros, es de hacer notar que en los datos analizados un 80% de los casos ocurrieron durante el día, entre las horas 6:00 AM y 6:00 PM, siendo el tipo de accidente de mayor incidencia (46%) la colisión, seguido con un 31% por el volcamiento, combinado con colisión, deslizamiento y choque con objeto fijo.

En las Figuras 4 y 5 se puede observar que del total de accidentes ocurridos, el 66% de los mismos se sucedieron con sentido de circulación hacia la ciudad de Tinaco, capital del Municipio Tinaco del estado Cojedes, y en el 57 % de los registros la vía estaba húmeda, sin especificarse si estaba lloviendo. Si consideramos que las condiciones de humedad son generalizadas para ambas curvas, podemos inferir que el número de accidentes que representa el 66% ocurrieron posiblemente en la curva 2, como consecuencia de presentar mayores factores de riesgo en su estructura vial, el ángulo de deflexión es tres veces mayor que el de la curva 1 y su radio es menor, esto la hace más peligrosa. Aunado a lo anterior, es pertinente considerar que entre San Carlos y Tinaco en un

total de aproximadamente 15 km de longitud, hay solamente cinco (7) curvas horizontales, cinco de ellas muy seguras por tener radios grandes y bien peraltadas, es una vía de cuatro canales y en buen estado general; lo que pudiera dar una sensación de seguridad a los conductores que no conocen la vía y al llegar a la curva de San Luis, son sorprendidos por las condiciones de la misma. Esto explicaría el por que ocurren más accidentes en la dirección San Carlos-Tinaco.



Figuras 4 y 5. Distribución porcentual del sentido de la circulación en la ocurrencia de accidentes de tránsito en la T005-CO (Derecha) y de las condiciones de humedad de la vía (Izquierda) del Sector San Luis, Municipio Tinaco del estado Cojedes.

CONCLUSIONES

Del análisis y discusión de los resultados de esta investigación se obtuvieron en general para todo el tramo las siguientes conclusiones. Desde el punto de vista geométrico en cuanto a su trazado horizontal ambas curvas muestran un adecuado y armónico trazado entre las tangentes y los tramos curvos de la vía; el rayado divisorio del eje y de los cuatro canales de que dispone la calzada también están

adecuadamente delimitados; no existe un trazado armónico de la pendiente actual de eje de la vía, variando significativamente la pendiente en el tramo comprendido entre las progresivas 80+920 y 81+360; no hay isla central que divida los canales de circulación, a pesar de ser una vía de cuatro canales.

En cuanto a la Curva 1, no hay un trazado armónico de la pendiente actual de eje de la vía; existe variación significativa de la pendiente en el tramo comprendido entre las progresivas 80+920 y 81+360 (En progresivas cada 20 m) en el que no se aprecia que existan curvas verticales bien definidas, no existe peraltado, el drenaje superficial es deficiente como consecuencia de la falta de peralte y bombeo, existe mala ubicación de la señalización con franjas de pintura blanca sobre media calzada de la vía, entre las progresivas 81+180 y 81+240 (En el arco de la curva), en el sentido Tinaco-San Carlos. Aunado a lo anterior, la pintura utilizada no es la adecuada para este tipo de señal. Es contraproducente hacer esta señalización en el desarrollo de la curva horizontal, pues la pintura llena la porosidad del asfalto y disminuye la adherencia de las llantas (cauchos) al mismo, favoreciendo el deslizamiento de los vehículos en la curva.

En la curva 2 por su parte, el peraltado es deficiente y esta mal distribuido, el drenaje superficial lateral a la vía es deficiente, lo que ocasiona que haya escurrimiento de aguas desde los laterales de la vía hacia la calzada de la misma, existe mala ubicación de la señalización con franjas de pintura blanca sobre media calzada de la vía, entre las progresivas 81+460 y 81+640 en el sentido San Carlos-Tinaco, existen malas condiciones del asfalto por la presencia de baches entre las progresivas 81+600 y 81+520 en el sentido San Carlos-Tinaco, hay mala ubicación de la valla publicitaria que muestra un accidente de tránsito aparatoso en la progresiva 81+650, en plena curva.

RECOMENDACIONES

En función de los resultados y conclusiones obtenidos con este estudio se recomiendan las siguientes acciones generales para todo el tramo: Diseñar e implementar un plan de educación vial teniendo como centro piloto la comunidad de San Luis, de manera de concienciar a las personas en los

riesgos existentes y de fomentar en ellos actitudes de resolución de sus problemas, tomando medidas como comunidad para afrontar esta realidad que existe en este punto negro de una vía terrestre; realizar un estudio referente a las condiciones físicas del material de asfalto que tiene esta vía; y, dotar al tramo estudiado (Progresiva 80+920 a progresiva 81+900) de isla central que divida los canales de ida y vuelta, a objeto de evitar la invasión de los mismos por vehículos fuera de control.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO). (2001) A policy on Geometric Design of Highways and Streets. Tomo 1 (4ª Ed) Washinton. EEUU.
- Bengaray, Manuel. Seguridad Vial (Recopilación y Traducción). Publicación por el Departamento de ingeniería Vial de la U.C.V.
- Carciente Jacob. Carreteras. 2 Ed. Caracas/Vega 1980.
- GOLD, PHILIP. (1998). *Seguridad de Tránsito. Aplicación de ingeniería para reducir Accidentes.* Estados Unidos de América. Banco Interamericano de Desarrollo.
- Instituto Nacional de Transito y Transporte Terrestre. <http://www.setr.gov.ve>
- Sampieri, R, Collado, C y Lucio, P (2002). *Metodología de la Investigación* (Tercera edición). Mexico: Mc Graw-Hill.
- Sanz Aludan, Alfonso. (1998). *Calmar el tráfico. España.* Ministerio de Fomento. Dirección General de la Vivienda, la Arquitectura y el Urbanismo.
- Tomo 1 (4° ed). Washinton. EEUU.
- Transport and Road Research Laboratory. (1981). *Hacia vías mas seguras en Países en desarrollo.* Chile: Overseas Development Administration.

NORMAS PARA LOS AUTORES COLABORADORES DE LA REVISTA AGROLLANIA

Los autores deben enviar original y dos copias de sus manuscritos al Director de la Revista **Profesor Juan J. Fernández Molina**, Coordinación de Postgrado, Universidad Ezequiel Zamora, Urbanización Cantaclaro, San Carlos, Estado Cojedes 2201, Venezuela. e-mail: *juanfer24@cantv.net, jfermol@gmail.com*.

Tipos de contribuciones: trabajos de investigación originales de alta calidad, revisiones bibliográficas, resúmenes de libros textos.

Preparación del Manuscrito: El texto debe ser escrito en computadora a espacio y medio (1,5) utilizando un procesador de texto Microsoft Word, letra tipo 12 puntos, Times New Roman. El autor (es) debe identificarse incluyendo, dirección de correos, números de teléfonos, Fax, e-mail. Una copia electrónica debe ir acompañada de la versión final del manuscrito.

Título: Debe ser claro y preciso para que denote con exactitud los objetivos y contenidos del trabajo; debe ser corto preferiblemente no mayor de catorce (14) palabras y estar escrito en idiomas, español e inglés.

Tamaño del Artículo: Se recomienda que el artículo no exceda de 18 páginas con espacio interlineado de 1,5.

Resumen: Cada Artículo debe contener un resumen que no exceda de 300 palabras, incluyendo título, autores y dirección postal. Éste debe incluir con exactitud el propósito y contenido del artículo y estar escrito en los idiomas español e inglés.

Texto: El texto del manuscrito debe seguir el orden siguiente: Título, Autor (es), Afiliación, Resumen, Palabras Clave, Texto principal,

Reconocimientos, Apéndices, Referencias, Figuras, Cuadros. Las figuras y cuadros deben ir insertadas en el manuscrito. Los cuadros deben ser abiertos y los títulos de las figuras deben colocarse en la parte inferior de las mismas.

Unidades: Todas las unidades utilizadas en el manuscrito deben ser expresadas en el Sistema Internacional de medidas (SI). La temperatura debe expresarse en grados Celsius o Centígrados.

Referencias: Todas las publicaciones citadas en el texto deben presentarse en una lista de referencias seguido del texto del manuscrito. En el texto refiérase al apellido del autor seguido del año de la publicación. Ej. Davison (2004). Cuando en el texto se citen dos o más autores, se escribe el apellido del primer autor seguido de la palabra et al. y el año en paréntesis, ej. Fernández et al. (1999). La lista de referencias debe ser escrita en orden alfabético, comenzando por el apellido (s) de autor(es). El manuscrito debe ser revisado cuidadosamente, para asegurarse que los nombres y fechas de autores estén escritos correctamente y sean exactamente los mismos que aparecen en la lista de referencias. Las referencias deben ser escritas de la forma siguiente:

Artículos en revistas: Apellidos, Inicial, Año de publicación. Título del artículo. Nombre de la revista, volumen, número en paréntesis: páginas.

Ejemplo:

Barbosa-Cánovas, G.V., Fernández-Molina, J.J., Swanson, B.G. 2001. Pulsed electric fields: a novel technology for food preservation. *Agro-Tech. 1(2):9-17*.

Libro texto: Apellidos, Inicial, Año de publicación. Título con iniciales en mayúscula.

Edición (sólo si hay más de una), casa editora, lugar de publicación.

Ejemplo:

O'Mahoney, M. 1986. Sensory Evaluation of Food. Statistical Methods and Procedures. Marcel Dekker, Inc., New York, pp. 13-25.

Capítulos de libros: Apellidos, Inicial. Año de publicación. Título del capítulo y apellidos del editor/compilador. Título del libro, casa editora, lugar de publicación, páginas

Ejemplo:

Fernández-Molina, J.J., Barbosa-Cánovas, G.V., Swanson, B.G., Clark, S. (2002). Inactivation by high-intensity pulsed electric fields. In: Vijay K. Juneja & Jhon N. Sofos, *Control of Foodborne*

Microorganism, New York, Marcel Dekker, Inc. pp. 383-398.

Internet: Autor (organismo o autor personal de la página Web). Fecha (día, mes, año de la consulta del usuario). Título de la página. Tópico consultado. (Tipo de soporte = On Line que define el recurso Internet). Dirección URL (Uniform Resource Locator), que hace referencia a la dirección de la fuente, tal como aparece registrado en la pantalla del trabajo del navegador.

Ejemplo:

TNO. 17 de mayo de 2004. Food Extrusion. [on line].

<http://www.tpd.tno.nl/smartsite111.html>

INTRUCTION FOR AUTHORSIA

The authors must submit original and two copies of manuscript (in English) to Professor Juan José Fernández Molina, Journal's Director to the following address: Coordinación de Postgrado, Universidad Ezequiel Zamora, Urbanización Cantaclaro, San Carlos, Estado Cojedes 2201, Venezuela. e-mail: *juanfer24@cantv.net*, *jfermol@gmail.com*.

Type of submissions: The Journal of AGROLLANIA welcomes submissions including high quality original research works in the areas of Food Science and Technology, Food Engineering, Environmental Engineering. Review papers and Book reviews are accepted too.

Preparation of the Manuscript: Submit text in Microsoft Word format using 12 point Times New Roman letter, paragraph spaced 1.5 between lines. An electronic version of the manuscript must be accompanied. Complete author, name(s), the affiliation of the author (s), and the name and e-mail address to whom correspondence should be sent.

Title: Should be clear, concise and informative that accurately reflects the objectives and contents of the work; should be short and not more than 14 words preferably. Must be writing in English and Spanish languages.

Length of Article (s): It is recommended that article (s) length do not exceed eighteen (18) pages at 1.5 spaces between lines.

Abstract: Should not exceed 300 words in length including title, author name (s), affiliation of the author (s) and postal address. It must be intelligible by itself, as well as list up to ten key words that reflect the paper's focus and content. Must be writing in English and Spanish languages.

The Manuscript: The text of the manuscript should have the following order: Title, Author name(s), Affiliation of the author (s), Abstract, key words, Introduction, Literature review, Materials and methods, Results and discussion, Conclusion, References, and Acknowledgments. Figures and Tables must be inserted in the manuscript. Table should be opened; title of figures should be writing at lower part of the figure.

Units: All units used in the manuscript should be expressed in the International System of units (SI), temperature should be expressed in degree Celsius.

References: In the text, give references by the surname of the authors and the year, using et al. When there are more than two authors. In the references section, list all authors, organizing the references alphabetically by the primary author's surname.

See below for examples of style to be used:

Article in a Journal:

Barbosa-Cánovas, G.V., Fernández-Molina, J.J., Swanson, B.G. 2001. Pulsed electric fields: a novel technology for food preservation. *Agro-Tech. 1(2):9-17*.

Textbook:

O'Mahoney, M. 1986. *Sensory Evaluation of Food. Statistical Methods and Procedures*. Marcel Dekker, Inc., New York, pp. 13-25.

Chapter in a Book:

Fernández-Molina, J.J., Barbosa-Cánovas, G.V., Swanson, B.G., Clark, S. (2002). Inactivation by high-intensity pulsed electric fields. In: Vijay K. Juneja & Jhon N. Sofos, *Control of Foodborne Microorganism*, New York, Marcel Dekker, Inc. pp. 383-398.

Internet:

TNO. May 17 2004. Food Extrusion. [on line].

<http://www.tpd.tno.nl/smartsite111.html>.

- (1) Ing. Civil. Programa Ingeniería.
Vicerrectorado de Infraestructura y
Procesos Industriales.UNELLEZ San
Carlos. Estado Cojedes. Venezuela 2201
- (2) Geógrafa, Programa Ingeniería.
Vicerrectorado de Infraestructura y
Procesos Industriales.UNELLEZ San
Carlos. Estado Cojedes. Venezuela 2201

INDICE ACUMULADO DE AGROLLANÍA
REVISTA DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

(2004-2007)

Volumen 1 (Enero-Diciembre 2004)

PRESENTACIÓN

AGROLLANÍA ERA UN SUEÑO

TECNOLOGÍA DE LA INDUSTRIA BENEFICIADORA DE GRANOS Y SEMILLAS

Enoc Castillo Astrosa

SIMULACIÓN DE LA PÉRDIDA DE VAPOR DE AGUA Y CAMBIOS DE COLOR EN CAMBUR EV
MANZANO (*Mussa apple sp*) DURANTE LA MADURACIÓN EN ATMÓSFERA MODIFICADA,
UTILIZANDO METODOLOGÍA DE SUPERFICIE DE RESPUESTA.

Enrique Ávila y Alí R. Fuentes

ESTUDIO COMPARATIVO TÉCNICO-ECONÓMICO DE CERCAS ELECTRIFICADAS Y CERCAS
CONVENCIONALES EN FINCAS GANADERAS.

Carlos Isaac y Donato Vilani

AJUSTE DE LOS PARÁMETROS DE ESTERILIZACIÓN DE SALSABOLOGNESA ANTE FALLAS
EN EL AUTOCLAVE.

José Vicente Ruiz

DIAGNÓSTICO DE LA PRODUCCIÓN DE MIEL DE ABEJAS (*Apis mellifera*) EN EL ESTADO
COJEDES, VENEZUELA

Andrew Torres y Rafael Thiman

EXPLORAR CONDICIONES EXPERIMENTALES DE LA TECNOLOGÍA DE OBTENCIÓN DE UN
PRODUCTO TIPO BOLOGNA, A BASE DE PULPA DE CACHAMA (*Colossoma x Piaractus*)
APLICANDO METODOLOGÍA DE SUPERFICIE DE RESPUESTA

Miguel Ángel Luque Serrano

PARÁMETROS PARA LA ESTIMACIÓN DE COSTOS DE MECANIZACIÓN AGRÍCOLA EN
CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum officinarum*)

Alfonso Pèrez Espinla

José Ramón Pirela

EFFECT OF IONIZING IRRADIATION ON THE NUTRITIONAL CHARACTERISTICS OF POTATO
TUBERS (*Solanum tuberosum* L.)

Juan J. Fernández-Molina, Richard Bey, Rene Rodríguez, Gale Klenkopf, and Mary Jo Frazier

Volumen 2
(Enero-Diciembre 2005)

PRESENTACION

ANALISIS TENDENCIAL DEL ESCURRIMIENTO DEL RÍO TIRGUA EN PASO VIBORAL DE SAN CARLOS ESTADO COJEDES

Nahir Carballo y Maria Moreno

COMPARACIÓN ENTRE DOS AGARES SELECTIVOS PARA LA DETECCIÓN DE *Listeria monocytogenes* Y OTRAS ESPECIES DE *Listeria* EN PRODUCTOS CÁRNICOS

Ellirda Ortiz de Urbina

OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE EXTRUSIÓN PARA LA OBTENCIÓN DE PASAPALOS A BASE DE HARINAS COMPUESTAS DE MAIZ (*Zea mays*) Y QUINCHONCHO (*Cajanus cajan L. Millsp*)

Armary Parra y Juan J. Fernández Molina

ESTABILIZACIÓN MICROBIOLÓGICA DE UN PRODUCTO A BASE DE MANGO BOCADO (*Mangifera indica L*) APLICANDO TECNOLOGÍA DE OBSTÁCULOS

Tony García, Enrique Ávila, B. Barrios y J. Arias.

CARACTERIZACIÓN REOLÓGICA DE PURÉS DE GUAYABA (*Psidium sidium guajaba L.*)

C. Sánchez; P. López- Buesa; M. E. Venturini; R. Oria y A. C. Sánchez .

CARACTERÍSTICAS DE SORCIÓN DE HUMEDAD DE LA HARINA DE BATATA (*Ipomoea batatas spp*)

Mirna J. Landaeta de Fuentes y Juan J. Fernández Molina

MODELOS MATEMÁTICOS PARA LA ESTIMACIÓN DE TORMENTAS DE DISEÑO EN EL ESTADO COJEDES

Paredes, F., Vivas, I, Caraballo, N. y Guevara, E.

EVALUACIÓN PRELIMINAR DEL COMPORTAMIENTO VEGETATIVO DEL CULTIVO DE LA ZÁBILA (*Aloe vera*) EN LA LOCALIDAD “BRISAS DE PAN DE TRIGO” EN EL MUNICIPIO SAN CARLOS DEL ESTADO COJEDES

Morante, C y García, M.

INDICADORES DE GESTIÓN PARA LA PROCESADORA DE GRANOS DE LA REUNELLEZ

Andrew Torres.

Volumen 3
(Enero-diciembre 2006)

PRESENTACION

Articulo DELAY OF RUTIN CRYSTAL FORMATION IN ASPARAGUS PICKLES

Morela Barreto Alcoba & Ronald Buescher

COMPORTAMIENTO DE LA CARNE DE CACHAMA (*Colossoma macropomum*) ANTE TRATAMIENTOS TECNOLÓGICOS VINCULADOS A LA ELABORACIÓN DE PRODUCTOS MOLDEADOS Y EMULSIONADOS

Miguel García O.

EFFECTOS DE LOS INSUMOS TECNOLÓGICOS EN LOS COSTOS Y RENTABILIDAD DE LAS FINCAS LECHERAS DE LOS MUNICIPIOS FALCON Y LIMA BLANCO DEL ESTADO COJEDES

Nila Lavado.

PLAN ESTRATEGICO PARA LA DETERMINACION DE LA CALIDAD DEL AGUA DE LA CUENCA DEL RIO TINACO: CONTROL FISICOQUIMICO Y MICROBIOLOGICO

Héctor Rodríguez Márquez.

CARACTERÍSTICAS DE ABSORCION DE HUMEDAD DE LA HARINA PRECOCIDA DE YUCA (*Manihot sculanta krantz*)

Fuentes, Ali R. y Juan J. Fernández-Molina.

CARACTERIZACIÓN HISTÓRICA DE LAS SEQUÍAS EXTREMAS DEL RÍO TIRGUA EN EL ESTADO COJEDES

Franklin Paredes, Luís Rumbo, Edilberto Guevara y Nahir Carballo.

VALORACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UN CONCRETO LIVIANO UTILIZANDO COMO ÁRIDO ORGÁNICO POROSO, EL RESIDUO AGROINDUSTRIAL CASCARILLA DE ARROZ (*Oryza sativa* L.) ENTERA

Ernesto Hernández y Tonny García.

EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LA VARIEDAD "PALMAR" EN CUANTO A LA PRODUCCIÓN DE ARROZ (*Oryza sativa*) PADDY Y CALIDAD MOLINERA, SOMETIDA A CUATRO (4) DOSIS DE FERTILIZACIÓN NITROGENADA

Gaetano Iani Pacheco.

MODELACIÓN DE LA AUTODEPURACIÓN DEL AGUA EN EL TRAMO MEDIO DEL RÍO SAN CARLOS

Freddy La Cruz, Franklin Paredes y Edilberto Guevara.

INFORME DE GESTION-2005

Duglas Moreno.

Volumen 4
(Enero-Diciembre 2007)

EDITORIAL

TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS:

DETERMINACIÓN DE ISOTERMAS DE SORCIÓN DE HUMEDAD EN HARINA PRECOCIDA DE PLÁTANO VERDE (*MUSA PARADISIACA L.*)

Miguel Ángel Torrealba Piña

EVALUACIÓN DE LA RESPUESTA DE LA COMBINACION DE CARNE DE CHIVO, POLLO Y CERDO EN JAMÓN COCIDO

Jhonny Ali Palmero, Miguel Angel García, Enrique Coromoto Avila, Madeleine Deusdesdidh Suárez

LECHE DE COCO: COMPOSICIÓN, TECNOLOGÍA Y FUNCIONALIDAD. NUEVAS OPORTUNIDADES PARA SU CONSERVACIÓN Y USO

Pedro Navarro, Marisol Tapia, Elevina Pérez, Juan Fernández Molina, Jorge Welti-Chanes.

EVALUACIÓN DE LA EXACTITUD Y PRECISIÓN DE LOS MÉTODOS

M-HIDROXIFENILFENOL Y CARBAZOL APLICADOS EN LA CUANTIFICACIÓN DE SUSTANCIAS PÉCTICAS

Humberto Barazarte; Tonny García; Luís Duran; Luís Chaparro y Jordy Gámez.

OBTENCIÓN DE UN PRODUCTO LÍQUIDO MEDIANTE HIDRÓLISIS ENZIMÁTICA DE SULÚ (*Maranta arundinacea L.*)

Judith Piñero, Gloria Montaña, Leticia Cubas

VALOR NUTRITIVO DEL BLEDO (*Amaranthus Spp*) IDENTIFICADO EN EL MUNICIPIO MORÁN, ESTADO LARA.

Íria Acevedo, Oscar García, Ingrid Acevedo y Carmen Perdomo

MICROBIOLOGÍA DE ALIMENTOS:

COMPARACIÓN DEL EFECTO DE LOS SUPLEMENTOS REDUCTORES DE OXÍGENO DISUELTO SOBRE EL RECuento DE BIFIDOBACTERIUM SPP.

Virginia Medina; Blanca Barrios y Tony García

INGENIERÍA AMBIENTAL:

EFECTO DE LA OSCILACIÓN MERIDIONAL (ENSO) Y LA TEMPERATURA SUPERFICIAL DEL OCÉANO ATLÁNTICO SOBRE LA DISTRIBUCIÓN ESPACIO-

TEMPORAL DE LAS LLUVIAS EN EL ESTADO COJEDES

Jorge Millano; Franklin Paredes e Iraidá Vivas.

EFECTO DE LA EXPANSIÓN URBANA EN LA CUENCA ALTA DE LA QUEBRADA LA

YAGUARA SOBRE EL CAUDAL PICO AGUAS ABAJO DE LA CIUDAD DE SAN CARLOS-
ESTADO COJEDES

Franklin Paredes, Luis Rumbo y Fredy La Cruz.

DOCENCIA UNIVERSITARIA:

APLICACIÓN ACADÉMICA DE LA METODOLOGÍA SEIS SIGMA (6 s) EN LA ASIGNATURA
CONTROL DE CALIDAD DE ALIMENTOS DEL PROGRAMA DE TÉCNICO SUPERIOR
AGROINDUSTRIAL DE LA UCLA

Hugo Bianco, Silvia Gareca, Erika Cabrera, Pedro Morales y Alonso Arroyo

CONSERVACIÓN DE SUELOS:

EVALUACIÓN DE EFICIENCIA DEL VETIVER (*Vetiveria zizanioides*) EN LA CONSERVACIÓN
DE SUELOS DE LADERAS EN PARCELAS YUQUERAS DE MACAPO ESTADO COJEDES

Luís Briceño y Francisco Bolívar

Volumen 5
(Enero-Diciembre 2008)

EDITORIAL.....

TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS:

DESARROLLO Y OPTIMIZACION DE UN NECTAR A BASE DE MELON, PARCHITA Y LIMON A TRAVES DEL USO DE LA METODOLOGIA DE SUPERFICIE DE RESPUESTA
Félix Rafael Millán Trujillo, Esther Linda Arciniegas y Dennar Coromoto Oropeza Noguera
EVALUACION DE LA RESPUESTA TECNOLOGICA DEL JAMON COCIDO SOMETIDO A DIFERENTES NIVELES DE CLORURO DE SODIO, FOSFATO DE SODIO Y NITRITO DE SODIO USANDO METODOLOGIA DE SUPERFICIE DE RESPUESTA (MSR)

Rubén Morales y Miguel García Ochoa

VARIABILIDAD DE LA RESPUESTA TECNOLÓGICA DE LA PULPA DE CACHAMA (*Colossoma macropomum*) EN FORMULACIÓN DE SALCHICHAS

Edith Julieta Moreno

FORMULACIÓN Y OPTIMIZACION DE UN ALIMENTO EXTRUIDO A PARTIR DE FRIJOL (*Vigna sinensis*) COMO FUENTE PRINCIPAL DE PROTEINA, PARA LA ALIMENTACIÓN DE CACHAMA (*Colossoma macropomum*) EN SU ETAPA DE ENGORDE.

Ricardo Olivares V. y Juan J. Fernandez Molina

OPTIMIZACIÓN DE SOLVENTES ORGANICOS UTILIZADOS EN LA EXTRACCION DE ACEITE EN SEMILLAS DE PARCHA REAL *Pasiflora quadrangularis L.*"

García-Rujano, Tonny; Chaparro, Luís; Garrido, Elba y Terán, Yanira

CALIDAD DE VINOS DE FRUTAS ELABORADOS EN LOS MUNICIPIOS GUANARE Y SUCRE, ESTADO PORTUGUESA Y MUNICIPIO BOCONÓ, ESTADO TRUJILLO MEDIANTE ANÁLISIS SENSORIAL

Isabel Macia

HERRAMIENTA COMPUTACIONAL PARA LA COMBINACIÓN BALANCEADA DE NUTRIENTES UTILIZANDO LÓGICA DIFUSA Y BÚSQUEDA HEURÍSTICA.

Luisa M. Colón¹, Belkys López de Lameda y Carlos Lameda

PLAN DE REDUCCION DEL REPROCESO DEL ARROZ PADDY (*Oryza zativa*) EN EL SISTEMA PRODUCTIVO DE UNA EMPRESA AGROINDUSTRIAL.

Rafael A. Romero P., Pedro M. Morales V., Hugo Bianco Dugarte

PLAN ESTRATEGICO GERENCIAL PARA MEJORAR LA COMPETITIVIDAD EN LAS EMPRESAS PROCESADORAS DE GRANOS DEL ESTADO COJEDES.

Euardo A. Merchan B.

MICROBIOLOGÍA DE ALIMENTOS:

"CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA DEL INÓCULO OBTENIDO DURANTE EL PROCESO DE FERMENTACIÓN LÁCTICA DEL REPOLLO ENRIQUECIDO CON PULPA DE TOMATE"

Rafael Antonio Rojas Salinas

CARACTERIZACIÓN DE POLÍMEROS PRODUCIDOS POR CEPAS DE *Pseudomonas aeruginosa* AISLADAS DE DOS YACIMIENTOS DE PETRÓLEO.

Roselia Crispi

INGENIERIA AMBIENTAL:

VALORACIÓN DEL ASENTAMIENTO Y LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO, UTILIZANDO AGREGADO PÉTREO DEL MUNICIPIO FALCÓN, ESTADO COJEDES. UNA APROXIMACIÓN AL DISEÑO DE MEZCLAS

Ernesto Hernández Gil

GENERACIÓN Y EVALUACIÓN DE MODELOS EMPÍRICOS PARA LA OBTENCIÓN DEL FACTOR EROSIVIDAD DE LA LLUVIA EN LAS CUENCAS DE MONTAÑA Y PIEDEMONTE DEL ESTADO COJEDES

Iraida Vivas y José Doming Ruiz

NOTA DE INVESTIGACION (RESERACH NOTE):

UN NUEVO ENFOQUE ALIMENTARIO

Constanza Sánchez Ornés