

# Ciencias Naturales y Exactas

## *Handbook T-II*

**Pérez García- Vicente**

**Mínguela Ramiñez- José Jesús**

**Rodríguez Muñoz- José Luis**

*Directores*

**Congreso Interdisciplinario  
de Cuerpos Académicos**

**ECORFAN<sup>®</sup>**

# **Ciencias Naturales y Exactas**

---

## Volumen II

---

## **ECORFAN Ciencias Naturales y Exactas**

---

El Handbook ofrecerá los volúmenes de contribuciones seleccionadas de investigadores que contribuyan a la actividad de difusión científica de la Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato en su área de investigación en Ciencias Naturales y Exactas. Además de tener una evaluación total, en las manos de los directores de la Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato se colabora con calidad y puntualidad en sus capítulos, cada contribución individual fue arbitrada a estándares internacionales (LATINDEX-DIALNET-ResearchGate-DULCINEA-CLASE-HISPANA-Sudoc- SHERPA-UNIVERSIA), el Handbook propone así a la comunidad académica , los informes recientes sobre los nuevos progresos en las áreas más interesantes y prometedoras de investigación en Ciencias Naturales y Exactas.

**María Ramos · Virginia Aguilera**

Editoras

# Ciencias Naturales y Exactas

## *Handbook T-II*

Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato. Septiembre 11-12, 2014.

# ECORFAN®

*Editoras*

María Ramos  
ramos@ecorfan.org

Directora General ECORFAN

Virginia Aguilera  
vaguilera@utsoe.edu.mx

Rectora de la UTSOE  
Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato

ISBN-CL 978-607-8324-17-0  
ISBN-V 978-607-8324-18-7  
ISSN 2007-1582  
e-ISSN 2007-3682  
Sello Editorial ECORFAN: 607-8324  
Número de Control HECNE: 2014-02  
Clasificación HECNE (2014): 110914-201

## ©ECORFAN-México.

Ninguna parte de este escrito amparado por la Ley Federal de Derechos de Autor ,podrá ser reproducida, transmitida o utilizada en cualquier forma o medio, ya sea gráfico, electrónico o mecánico, incluyendo, pero sin limitarse a lo siguiente: Citas en artículos y comentarios bibliográficos ,de compilación de datos periodísticos radiofónicos o electrónicos. Para los efectos de los artículos 13, 162,163 fracción I, 164 fracción I, 168, 169,209 fracción III y demás relativos de la Ley Federal de Derechos de Autor. Violaciones: Ser obligado al procesamiento bajo ley de copyright mexicana. El uso de nombres descriptivos generales, de nombres registrados, de marcas registradas, en esta publicación no implican, uniformemente en ausencia de una declaración específica, que tales nombres son exentos del protector relevante en leyes y regulaciones de México y por lo tanto libre para el uso general de la comunidad científica internacional. HEFOCA es parte de los medios de ECORFAN ([www.ecorfan.org](http://www.ecorfan.org))

## **Prefacio**

Una de las líneas estratégicas de la política pública ha sido la de impulsar una política de ciencia, tecnología e innovación que contribuya al crecimiento económico, a la competitividad, al desarrollo sustentable y al bienestar de la población, así como impulsar una mayor divulgación científica y tecnológica, a través de distintos medios y espacios, así como la consolidación de redes de innovación tecnológica. En este contexto, las Instituciones de Educación Superior logran constituirse como un elemento articulador de la investigación, ciencia y tecnología. El Subsistema de Universidades Tecnológicas y Politécnicas, a través de diferentes Universidades que lo conforman, de manera permanente y decidida vienen propiciando el surgimiento y desarrollo de grupos de investigación (Cuerpos Académicos), gestionando los apoyos necesarios para que los mismos puedan incursionar de manera adecuada en el campo de la investigación aplicada, la vinculación con pertinencia con los sectores productivos y promoviendo la participación activa de la razón de ser de nuestras instituciones, los estudiantes, así como impulsar el desarrollo tecnológico regional.

La Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato visualiza la necesidad de promover el proceso de integración entre los Cuerpos Académicos de las instituciones de Educación Superior y de Nivel Medio Superior, proporcionando un espacio de discusión y análisis de los trabajos realizados por dichos cuerpos y fomentando el conocimiento entre ellos y la formación y consolidación de redes que permitan una labor investigativa más eficaz y un incremento sustancial en la difusión de los nuevos conocimientos con las siguientes políticas: Propiciar un espacio de reflexión e intercambio del estado de la investigación y generación de conocimiento en espacio común de la educación tecnológica; Promover y fortalecer la divulgación de la investigación y desarrollo tecnológico de los grupos colegiados y de investigación académica y/o cuerpos académicos de las instituciones del sector y finalmente fortalecer e impulsar la formación de redes de investigación entre los grupos colegiados, grupos de investigación y cuerpos académicos participantes.

Este volumen II contiene 28 capítulos arbitrados que se ocupan de estos asuntos en Ciencias Naturales y Exactas, elegidos de entre las contribuciones, reunimos algunos investigadores y estudiantes de posgrado, a partir de 10 estados de México.

*Martínez, García, Arámbula & Luque* determinarán la frecuencia y analizar la distribución del polimorfismo Q223R en el gen del receptor de la leptina (*LEPR*) que se ha asociado a obesidad, diabetes mellitus y cáncer; *Ríos, De Jesús, Vega, Poblete & Flores* señalarán la importancia del estudio de microbios intestinales tiene un número de beneficios que con el tiempo han sido descubiertas; *Bernal, Capetillo, Parra, Torres & Diaz* estudiarán el impacto que tiene el mercurio de la amalgama en el organismo del individuo debido al tiempo y al número de obturaciones que se tienen en la cavidad oral; *Hernández, Madriz, Gaytán & Zacarías* relacionarán los sistemas de inventarios con demanda estocástica a tiempo discreto & con horizonte finito; *Cruz, Casas & Torchynska* estudiarán la extinción térmica de la fotoluminiscencia, donde se observa que en algunas estructuras es más rápida esta extinción térmica que en otras y finalmente se analiza esta rápida extinción térmica de la intensidad integrada de fotoluminiscencia; *Campos, Díaz, Orlando, Loeza & Bravo* reivindicarán que esta investigación puede ser una fuente importante para generar costos bajos de biocombustibles; *García, Luque, Picos, Romo & Arámbula* determinarán que el objetivo del presente trabajo fue identificar los microsátélites AC y CTT en individuos positivos para la deficiencia de G6PD originarios de la región nor-noroeste de México; *Bravo, Sánchez, Gutiérrez, Navarro & Rincón* presentarán un estudio preliminar sobre la calidad de la leche en la Región Mixteca Poblana; *Enríquez, Vacio & Sigala* realizarán un estudio de la biodiversidad de la Presa San Pedro y áreas aledañas y establecer la percepción que sobre la diversidad biológica de esta área tienen los pobladores de Ciudad Cuauhtémoc, en el estado de Zacatecas; *González, Segoviano & García* estudiaron la concentración total y bioavilabilidad del lead en el municipio urbano; *Pérez, Rangel, Hernández, Aguirre & Chávez* estudiarán el control biológico en la fase de competencia y recuperación en un triatleta; *Téllez, Domingo, Hernández & Mendoza* el objetivo de este trabajo fue evaluar diversas concentraciones de reguladores de crecimiento (2-4-D, BAP y AIB) para la inducción de callo y obtención de brotes y plantas de *Jatropha curcas* mediante cultivo in vitro; *Godoy, Fraire, Saucedo & Flores* realizarán la tarea de transformar el salón de clases en un laboratorio de matemáticas mediante el uso de la tecnología versátil e innovativa; *Mendoza, Uribe, Ramírez & Ramírez* su objetivo de investigación fue de tener un proceso para el aprovechamiento analítico con variables severas PE; *García, Arellano, Walter, Espejel, Villada, Aceves, Quintero, Von, Arredondo & Eaton* su objetivo de estudio fue diseñar indicadores de alerta temprana, de tipo preventivo, para identificar el daño potencial que representa la proximidad geográfica a fuentes puntuales de emisión de hidrocarburos para los individuos expuestos; *González, Riva, Alejo & Márquez* reivindicarán que el agua es un elemento vital para la existencia humana, de su uso adecuado depende nuestra salud, alimentación y producción agrícola por lo cual analizamos los microbios degradadores; *Castañeda, García, Oaxaca, Arciga & Sabino* realizarán la predicción de reducciones logarítmicas de supervivencia microbiana con dos modelos lineales isotérmico y no isotérmico; *Alvarado, Reyes, Castillo, Maldonado* evaluarán la capacidad antiinflamatoria de *Senecio confusus*; *Rodríguez, Urtecho, Andueza, Hoil & Oliva* determinarán los factores sociodemográficos, gineco-obstétricos, tiempo de atención y del poder de decisión en mujeres con complicación obstétrica en el municipio de Yaxcabá, Yucatán; *Leyva, Capetillo, Cortés, Tiburcio & Parra* su objetivo fue determinar el nivel de conocimiento que tienen los alumnos de la facultad de Odontología de la Universidad Veracruzana, región Veracruz con respecto a la Alveolitis seca; *Orozco, Castro, Mena, Flores & Mejias* su objetivo de estudio es evaluar la viabilidad de usar imágenes termales como herramienta potencial para detectar cáncer de mama.

*Hernández, Rubio, Carranza, Álvarez & Pacheco* llevaron a cabo el aislamiento de bacterias de la rizósfera de *T. latifolia*; *López, Ruiz, Cabrera, León. & Tejeda* se enfocaron a la identificación de dos agentes causales más comunes de gastroenteritis, *Escherichia coli* O157:H7 y *Salmonella* spp. en alimentos crudos en la Ciudad de Puebla; *Chávez, Cruz & Reyes* buscaron dar solución a un problema de optimización y tal solución será caracterizada mediante el uso de la teoría de matrices no negativas; *López, Hernández, Rangel, López & Ramos* tuvieron como objetivo determinar el perfil antropométrico de las jugadoras de balonmano de dos equipos universitarios; *Carranza, Figueroa, Hernández, Hernandez & Medellín* realizaron un estudio que se derivó biomasa de una rama de *Typha latifolia* (cattail) que fue investigada para remover Pb(II) de muestras de agua; *Pérez, Espinoza, Morales & López* incluyeron cuatro proyectos llamados casos en los cuales se diseñaron los experimentos usados; *Zacarías, Salgado, Jiménez & Cruz* presentaron dos de los proyectos de investigación que se realizan a través del Cuerpo Académico de Probabilidad y Estadística (CAPE) en la Facultad de Ciencias Físico Matemáticas perteneciente a la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla en la línea de Control Estadístico de la calidad ramificación de su principal línea de investigación.

Quisiéramos agradecer a los revisores anónimos por sus informes y muchos otros que contribuyeron enormemente para la publicación en éstos procedimientos repasando los manuscritos que fueron sometidos. Finalmente, deseamos expresar nuestra gratitud a la Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato en el proceso de preparar esta edición del volumen.

Valle de Santiago, Guanajuato.  
Septiembre 11-12, 2014

*María Ramos*  
*Virginia Aguilera*

<b>Contenido</b>	<b>Pag</b>
<b>1 Análisis de las frecuencias alélicas y genotípicas del polimorfismo q223r del gen receptor de la leptina en el estado de Sinaloa México</b> <i>Enrique Martínez, Noemi García, Eliakym Arámbula y Fred Luque</i>	1-6
<b>2 Composición bacteriana intestinal en individuos con un alto grado de consumo de alcohol</b> <i>Palmira Ríos, Stephanie De Jesús, Dulce Vega, Argelia Poblete y D. Flores Robles</i>	7-15
<b>3 Efectos del mercurio en el organismo por el uso de la amalgama dental</b> <i>Carolina Bernal, Guadalupe Capetillo, Clara Parra, Evelyn Torres y Miguel Diaz</i>	16-26
<b>4 Un sistema de inventario modelado como un proceso de decisión de Markov</b> <i>Eymard Hernández, Maira Madriz, Guadalupe Gaytán y Gabriel Zacarías</i>	27-34
<b>5 Variación de la emisión de fotoluminiscencia de puntos cuánticos de inas con tratamiento térmico</b> <i>L. D. Cruz, J. L. Casas y T. V. Torchynska</i>	35-40
<b>6 Análisis de crecimiento de higuera (ricinus communis l.) En clima seco y función del nitrógeno</b> <i>Jesús Campos, Ernesto Díaz, Israel Orlando, Juan Loeza y Cándido Bravo</i>	41-48
<b>7 Análisis de los microsátélites ac y ctt del gen g6pd en muestras de individuos g6pd deficientes del noroeste de México</b> <i>Noemí García, Fred Luque, Veronica Picos, Enrique Romo y Eliakym Arámbula</i>	49-54
<b>8 Aproximación estadística a la calidad de la leche de la Región Mixteca Poblana</b> <i>Ariadna Bravo, Mayra Sánchez, Lucero Gutiérrez, Amado Navarro y Celina Rincón</i>	55-66
<b>9 Biodiversidad y su percepción en la presa San Pedro y áreas aledañas, Cuauhtémoc, Zacatecas, México</b> <i>David Enríquez, Maria Vacio y Jesus Sigala</i>	67-72
<b>10 Concentración total y biodisponibilidad de plomo en lodos residuales provenientes de una ptar urbano-municipal del estado de Guanajuato</b> <i>María González, José Segoviano y José García</i>	73-80
<b>11 Control biológico en la fase de competencia y recuperación en un triatleta</b> <i>Delia Pérez, Blanca Rangel, Germán Hernández, Hugo Aguirre y Estrella Chávez</i>	81-90

- 12 Efecto de tres reguladores de crecimiento en la inducción de callo y obtención de brotes y plantas de jatropha curcas mediante cultivo in vitro** 91-104  
*Denisse Téllez, Rubén Domingo, Jorge Hernández y Hugo Mendoza*
- 13 El aula como laboratorio de matemáticas aplicadas** 105-116  
*Joaquín Godoy, Rubén Fraire, Rene Saucedo y Sergio Flores*
- 14 El TSU en energías renovables área bioenergía y su oportunidad de inserción en las mipymes del suroeste de Guanajuato** 117-123  
*Patricia Mendoza, María Uribe, Lidia Ramírez y Teresa Ramírez*
- 15 Emisión de BTEX por las gasolineras, proximidad geográfica y síntomas neurológicos en residentes de Ensenada, Baja California, México** 124-139  
*M. García, E. Arellano, L. Walter, I. Espejel, M. Villada, P. Aceves, M. Quintero, C. Von, C. Arredondo, R. Eaton*
- 16 Evaluación de la calidad microbiológica y físico-química del río Xichú y aislamiento de microorganismos degradadores de triclosán en la reserva de la biosfera sierra gorda de Guanajuato** 140-151  
*Claudia González, Gustavo de la Riva, Francisco Alejo y María Márquez*
- 17 Evaluación de la capacidad de reducción de la carga microbiana de un sistema de intercambiadores de calor concéntricos, aplicados en un proceso de secado por aspersión de alimentos.** 152-162  
*Felipe Castañeda, Luis García, Concepción Oaxaca, Raquel Arciga y Maria del Carmen Sabino*
- 18 Evaluación del efecto antiinflamatorio de Senecio confusus** 163-170  
*Brenda Alvarado, Abigail Reyes, Jesús Castillo, Martha Maldonado.*
- 19 Factores relacionados con complicaciones obstétricas en embarazadas de Yaxcabá, Yucatán, México** 171-180  
*Elsa Rodríguez, Cecilia Urtecho, Guadalupe Andueza, Jolly Hoil y Yolanda Oliva*
- 20 Importancia de la alveolitis seca y su atención oportuna** 181-192  
*Alma Leyva, Guadalupe Capetillo, Salvador Cortés, Leticia Tiburcio y Clara Parra*
- 21 La termografía digital como herramienta para tamizaje de cáncer de mama: Estudio preliminar DIF-Mazatlán, estado de Sinaloa** 193-199  
*Eber Orozco, Jorge Castro, Luis Mena, Mario Flores y Nildia Mejias*
- 22 Obtención de aislados bacterianos de la rizósfera de Typha latifolia (Espadaña) crecida en sitios contaminados con Plomo** 200-208  
*Alejandro Hernández, Jocabed Rubio, Candy Carranza, Claudia Álvarez y Juan Pacheco*

<b>23 Prevalencia de cepas multirresistentes de Salmonella spp y Escherichia coli 0157:H7 en alimentos crudos en la Ciudad de Puebla</b>	209-222
<i>A. López., A.C. Ruiz., C. Cabrera., G. León. y F. Tejeda</i>	
<b>24 Un ejemplo de procesos de decisión de markov sensibles al riesgo: Un enfoque por matrices no negativas</b>	223-233
<i>María Chávez, Hugo Cruz y Hortensia Reyes</i>	
<b>25 Perfil antropométrico de dos equipos universitarios de balonmano femenino</b>	234-240
<i>Ricardo López, GermánHernández, Blanca Rangel, Jeanette López y Isela Ramos</i>	
<b>26 Determinación de la capacidad de adsorción de Pb(II) en solución acuosa por raíces de Typha latifolia (Espadaña)</b>	241-248
<i>Candy Carranza, Luis Figueroa, Alejandro Hernández, Diego Hernandez y Nahúm Medellín</i>	
<b>27 Diseño de experimentos aplicados a proyectos de estadías en UTSOE</b>	249-256
<i>Miriam Pérez, Jesús Espinoza, Verónica Morales y María López</i>	
<b>28 Calidad en la gestión de servicios. Un enfoque al servicio educativo, los casos de la Maestría en Ciencias (Matemáticas) y la Maestría en Educación Matemática de la Facultad de Ciencias Físico Matemáticas de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla</b>	257-268
<i>José Zacarías, Gladys Salgado, Yazmin Jiménez, Hugo Cruz</i>	
Apéndice A . Consejo Editor Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato	269
Apéndice B . Consejo Editor ECORFAN	270-272
Apéndice C . Comité Arbitral Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato	273-276

## **Análisis de las frecuencias alélicas y genotípicas del polimorfismo q223r del gen receptor de la leptina en el estado de Sinaloa México**

Enrique Martínez\*´, Noemi García´, Eliakym Arámbula`` y Fred Luque``

´Ingeniería en Biotecnología, Universidad Politécnica de Sinaloa, Mazatlán Sinaloa;

´Laboratorio de Genética y Biología Molecular, Universidad Autónoma de Sinaloa, Culiacán, Sinaloa.

\*eromo@upsin.edu.mx

M. Ramos., V.Aguilera., (eds.).Ciencias Naturales y Exactas, Handbook -©ECORFAN- Valle de Santiago, Guanajuato, 2014.

## Abstract

Obesity is a risk factor for the development of several diseases such as hypertension, metabolic syndrome, diabetes mellitus type 1 and 2, cardiovascular diseases, among others. In Mexico, these diseases are very common and information about the polymorphisms in genes encoding proteins involved in lipid metabolism is poor. The aim of the study was to determine the frequency and analyze the distribution of Q223R polymorphism in the gene for leptin receptor LEPR. Q223R has been associated with obesity, diabetes mellitus and cancer. 102 unrelated individuals from Sinaloa state were studied. Genotyping was performed by restriction fragment length polymorphism (RFLP) and genotype frequencies were obtained: AA (0.4059), AG (0.4852) and GG (0.1089) Allele frequencies for A (0.6485) and G (0.3515) were also determined.

## 1 Introducción

La obesidad y el sobrepeso se definen como una acumulación anormal o excesiva de grasa que puede ser perjudicial para la salud. Una forma simple de medir la obesidad es el índice de masa corporal (IMC), esto es el peso de una persona en kilogramos dividido por el cuadrado de la talla en metros. Una persona con un IMC igual o superior a 30 es considerada obesa y con un IMC igual o superior a 25 es considerada con sobrepeso. El sobrepeso y la obesidad son factores de riesgo para numerosas enfermedades crónicas, entre las que se incluyen la diabetes, las enfermedades cardiovasculares y el cáncer (OMS, 2011). La obesidad es una condición muy común en sociedades industrializadas y su frecuencia se incrementa con rapidez. Su etiología es compleja y resulta del efecto combinado de genes, ambiente, estilo de vida y sus interacciones (Murugesan et al, 2010).

A nivel mundial, un estudio realizado por la Organización Mundial de la Salud mostro que 1500 millones de adultos de 20 y más años tenían sobrepeso. De esta cifra, más de 200 millones de hombres y cerca de 300 millones de mujeres eran obesos. En general, más de una de cada 10 personas de la población adulta mundial eran obesas. En 2010, alrededor de 43 millones de niños menores de cinco años de edad tenían sobrepeso (OMS, 2011).

En México, el sobrepeso y la obesidad son problemas que afectan a cerca de 70% de la población (mujeres, 71.9 %, hombres, 66.7%) entre los 30 y 60 años, en ambos sexos. Sin embargo, entre las mujeres existe un mayor porcentaje de obesidad –índice de masa corporal igual o mayor a 30– que entre los hombres. La prevalencia de obesidad en los adultos mexicanos ha ido incrementando con el tiempo. En 1993, resultados de la Encuesta Nacional de Enfermedades Crónicas mostraron que la prevalencia de obesidad en adultos era de 21.5%, mientras que con datos de la ENSA 2000 se observó que 24% de los adultos en nuestro país la padecían y, actualmente, con mediciones obtenidas por la ENSANUT 2006, se encontró que alrededor de 30% de la población mayor de 20 años (mujeres, 34.5 %, hombres, 24.2%) tiene obesidad. La prevalencia nacional de sobrepeso y obesidad en niños de 5 a 11 años, es de alrededor de 26%, para ambos sexos, 26.8% en niñas y 25.9% en niños, lo que representa alrededor de 4 158 800 escolares. Además, uno de cada tres hombres o mujeres adolescentes tiene sobrepeso u obesidad. Esto representa alrededor de 5 757 400 adolescentes en el país. Estas cifras deben tomarse en consideración sobre todo debido a que el sobrepeso y la obesidad son factores de riesgo importantes para el desarrollo de enfermedades crónicas, incluyendo las cardiovasculares, diabetes y cáncer (Olai-Fernández et al, 2006).

La leptina, una proteína de 16 kD, tiene una participación muy importante en la regulación del peso corporal actuando sobre el cerebro regulando el apetito, cuando se almacena suficiente energía en el tejido adiposo y el individuo está bien alimentado, las señales aferentes de adiposidad, entre ellas la leptina, se liberan en las unidades procesadoras neuronales centrales, en el hipotálamo donde las señales de adiposidad inhiben los circuitos anabólicos y activan los circuitos catabólicos.

Las ramas efectoras de estos circuitos centrales impactan a continuación en el balance energético inhibiendo la ingestión y promoviendo el gasto energético (Kane, 2005). La leptina está formada por 167 aminoácidos y esta codificada en el gen *LEP* cuyo locus es 7q31.3. El gen *LEP* mide aproximadamente 20 kb y está formado por 3 exones separados por 2 intrones. La leptina es expresada principalmente tejido adiposo, sin embargo, es posible encontrarla en otros tejidos como placenta, glándula mamaria, testículo, ovario, endometrio, estomago, hipotálamo, entre otros.

Defectos en la leptina causan graves casos de obesidad hereditaria en humanos y ratones (Kelesidis et al, 2010; Blüher et al, 2009).

Además de sus efectos en el peso corporal, la leptina tiene otras funciones que incluyen regulación de hematopoyesis, angiogénesis y las respuestas inmune e inflamatoria (OMIMa; Kelesidis et al, 2010; Blüher et al, 2009).

La leptina actúa a través de la unión con un receptor específico (LEPR) expresado en el cerebro y en tejidos periféricos. El LEPR es un receptor con solo dominio transmembrana de la familia de los receptores de citocinas que puede encontrarse en diversas formas de empalme alternativo. El gen mide 216503 pb y está formado por 20 exones (18 codificantes), su locus es 1p31. El LEPR es un miembro de la familia gp130 de receptores de citocinas los cuales estimulan la transcripción por medio de la activación de la proteína STAT citosólica (OMIMb; Kelesidis et al, 2010; Yiannakouris et al, 2001).

Diversos estudios han indagado la asociación entre diferentes polimorfismos del gen *LEPR* y obesidad con resultados contradictorios (Ben Ali et al, 2009). El polimorfismo Q223R ha mostrado algunos estudios una asociación significativa con la obesidad (Yiannakouris et al, 2001; Furusawa et al, 2010; Murugesan et al, 2010) sin embargo, en otros casos no se encontró dicha asociación (Stratigopoulos et al, 2009; Constantin et al, 2010). Lo anterior puede ser explicado por variaciones genéticas y/o ambientales entre las diferentes poblaciones de estudio y deja de manifiesto la necesidad de contar con la mayor información posible de la estructura genética de cada población. Por lo tanto, es importante conocer la frecuencia y distribución del polimorfismo Q223L en la población general Mexicana para poder realizar estudios de asociación entre dicho polimorfismo y enfermedades crónicas.

## 1.1 Materiales y métodos

### Extracción de DNA:

El DNA genómico se obtuvo a partir de sangre periférica total en tubos con EDTA como anticoagulante. Para la extracción, se utilizó el método de Miller que consta de lisis celular con SDS, precipitación proteica con NaCl y precipitación de DNA con etanol. El DNA extraído fue disuelto en una solución de TE (Tris-HCl y EDTA). La cuantificación y determinación de pureza del DNA se realizó por espectrofotometría y electroforesis en gel de agarosa.

### Genotipificación:

Se realizó mediante una PCR-RFLP utilizando los oligonucleótidos 5'CTTTAAGCTGGGTGTCCCAAATAGT 3' y 5'GAAGCCACTCTTAATACCCCGAGTA 3', sentido y anti-sentido respectivamente, y la enzima de restricción HpaII. Los fragmentos obtenidos de la digestión fueron analizados por electroforesis en gel de poliacrilamida. Todos los ensayos incluían un control negativo para descartar contaminación y los genotipos fueron interpretados por tres personas de forma independiente. Asimismo, se utilizaron como controles de digestión muestras previamente genotipificadas por secuenciación.

## Análisis estadístico:

Las frecuencias alélicas y genotípicas fueron obtenidas por conteo directo. El equilibrio de Hardy-Weinberg se evaluó a través de una prueba de X<sup>2</sup>.

### 1.2 Resultados y discusión

Se realizó la genotipificación de 102 individuos de la población general de Sinaloa y se encontraron los siguientes resultados:

- Homocigotos silvestres (AA): 41
- Heterocigotos (AG): 49
- Homocigotos mutados (GG): 11

Asimismo, la frecuencias alélicas encontradas son 0.6485 para A y 0.3515 para G.

A partir de las frecuencias genotípicas se evaluó el equilibrio de Hardy-Weinberg y se obtuvo una X<sup>2</sup> de 0.4161 que corresponde a valor p de 0.5189 por lo que el polimorfismo se encuentra en equilibrio para la población de estudio.

Los estudios de asociación con genes candidatos son muy relevantes en diversas áreas de la biología y medicina (clínica, farmacología, epidemiología, farmacogenómica, etc.).

A medida que aumente la cantidad de información de los genes candidatos y sus polimorfismos se incrementara también la posibilidad de realizar estudios de asociación de dichos factores genéticos con diferentes enfermedades y poblaciones con la finalidad de indagar su participación en la susceptibilidad o respuesta al tratamiento. Los polimorfismos del gen *LEPR*, como Q223R, han demostrado tener una participación importante en obesidad y diabetes mellitus, sin embargo, algunos resultados son contradictorios posiblemente debido a diferencias ambientales, culturales y genéticas entre las 4 poblaciones estudiadas. En la tabla 1 se muestran las frecuencias alélicas y genotípicas del polimorfismo Q223R en diversas poblaciones:

**Tabla 1.** Frecuencias alélicas y genotípicas para Q223R por población

Población	Genotipo AA, n (%)	Genotipo AG, n (%)	Genotipo GG, n (%)	Alelo A n (%)	Alelo G n (%)	Referencia
Noroeste de México (Sinaloa)	41 (40.59)	49 (48.52)	11 (10.89)	131 (64.85)	71 (35.15)	Este estudio
Centro de México (Guanajuato)	42 (40.78)	54 (52.43)	7 (6.80)	138 (66.99)	68 (33.01)	Guzfar-Mendoza 2005
Brasil	109 (31.14)	191 (54.57)	50 (14.29)	409 (58.43)	291 (41.57)	Duarte 2007
España	379 (43.92)	381 (44.15)	103 (11.94)	1139 (65.99)	587 (34.01)	Portolés 2006
España	61 (47.29)	52 (40.31)	16 (12.40)	186 (67.44)	84 (32.56)	Marti 2009
Euro-americanos	69 (37.00)	78 (42.00)	39 (21.00)	219 (58.06)	156 (41.94)	Podolsky 2007
EUA	12 (33.33)	18 (50.00)	6 (16.67)	42 (58.33)	30 (41.67)	Ragin 2009
Inglaterra	234 (31.03)	387 (51.33)	133 (17.64)	855 (56.70)	653 (43.30)	Willett 2005
Reino Unido	101 (35.82)	131 (46.45)	50 (17.73)	333 (59.04)	231 (40.96)	Rand 2001
Republica Checa	51 (27.57)	94 (50.81)	40 (21.62)	196 (52.97)	174 (47.03)	Bienertova 2008
Turquía	157 (39.25)	202 (50.50)	41 (10.25)	516 (64.50)	284 (35.50)	Mergen 2007
Japón	15 (2.71)	134 (24.23)	404 (73.06)	164 (14.83)	942 (85.17)	Endo 2000

### 1.3 Conclusiones

Se analizaron un total de 102 muestras y se obtuvieron las frecuencias genotípicas para AA (0.4059), AG (0.4852) y GG (0.1089) del polimorfismo Q223R en el gen *LEPR* de población general del Estado de Sinaloa México. Asimismo se determinaron las frecuencias alélicas para A (0.6485) y G (0.3515). El polimorfismo Q223R se encuentra en equilibrio de Hardy-Weinberg para la población estudiada.

### 1.4 Agradecimientos

El trabajo fue apoyado por el PROMEP a través del proyecto 103.5/11/6727.

### 1.5 Referencias

Ben Ali S, Kallel A, Sediri Y, Ftouhi B, Feki M, Slimene H, Jemaa R, Kaabachi N. (2009). *LEPR* p.Q223R Polymorphism influences plasma leptin levels and body mass index in Tunisian obese patients. *Arch Med Res*, 40(3), 186-90.

Blüher S, Mantzoros CS. (2009). Leptin in humans: lessons from translational research. *Am J Clin Nutr*, 89(3), 991S-997S.

Constantin A, Costache G, Sima AV, Glavce CS, Vladica M, Popov DL. (2010). Leptin G-2548A and leptin receptor Q223R gene polymorphisms are not associated with obesity in Romanian subjects. *Biochem Biophys Res Commun*, 391(1), 282-6.

Furusawa T, Naka I, Yamauchi T, Natsuhara K, Kimura R, Nakazawa M, Ishida T, Inaoka T, Matsumura Y, Ataka Y, Nishida N, Tsuchiya N, Ohtsuka R, Ohashi J. (2010). The Q223R polymorphism in *LEPR* is associated with obesity in Pacific Islanders. *Hum Genet*, 127(3), 287-94.

Kelesidis T, Kelesidis I, Chou S, Mantzoros CS. (2010). Narrative review: the role of leptin in human physiology: emerging clinical applications. *Ann Intern Med*, 152(2), 93-100.

Kane AB and Kumar V. Capítulo 9 en *Patología estructural y funcional* de Robbins y Cotran. 7ed, Año: 2005 Editorial: Elsevier.

Murugesan D, Arunachalam T, Ramamurthy V, Subramanian S. (2010). Association of polymorphisms in leptin receptor gene with obesity and type 2 diabetes in the local population of Coimbatore. *Indian J Hum Genet*, 16(2), 72-7.

Olaiz-Fernández G, Rivera-Dommarco J, Shamah-Levy T, Rojas R, Villalpando-Hernández S, Hernández-Avila M, Sepúlveda-Amor J. Encuesta Nacional de Salud y Nutrición 2006. Cuernavaca, México: Instituto Nacional de Salud Pública, 2006.

OMIM(a), Online Mendelian Inheritance in Man: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/omim/164160> . 15 de marzo de 2011..

OMIM(b), Online Mendelian Inheritance in Man: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/omim/601007>. 15 de marzo de 2011. 6 Organización Mundial de la Salud, OMS. <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs311/es/index.html>. Consultado: 14 de Julio de 2011.

Stratigopoulos G, LeDuc CA, Matsuoka N, Gutman R, Rausch R, Robertson SA, Myers MG Jr, Chung WK, Chua SC Jr, Leibel RL. (2009). Functional consequences of the human leptin receptor (LEPR) Q223R transversion. *Obesity (Silver Spring)*, 17(1), 126-35.

Yiannakouris N, Yannakoulia M, Melistas L, Chan JL, Klimis-Zacas D, Mantzoros CS. (2001). The Q223R polymorphism of the leptin receptor gene is significantly associated with obesity and predicts a small percentage of body weight and body composition variability. *J Clin Endocrinol Metab*, 86(9), 4434-9.

## **Composición bacteriana intestinal en individuos con un alto grado de consumo de alcohol**

Palmira Ríos, Stephanie De Jesús, Dulce María Vega, Argelia Poblete y D. Flores Robles

P. Ríos, S. De Jesús, D. Vega, J. Cruz, A. Poblete y D. Robles.  
Universidad Autónoma de Guerrero.  
Unidad de Investigación Especializada en Microbiología.  
Calle sin nombre No. 13, Col. Las Colinas, C.P. 39105. Petaquillas, Gro.  
floresrd@hotmail.com

M. Ramos., V.Aguilera., (eds.).Ciencias Naturales y Exactas, Handbook -©ECORFAN- Valle de Santiago, Guanajuato, 2014.

## Abstract

Despite that the microbiome is an important part of our body is one of the great unknowns of our biology. Until now this has not been studied deeply and its influence on the physiology of our body functions remain unknown even in health and disease processes. The importance of studying the intestinal microbiome has a number of benefits that over time have been able to discover.

The bacterial communities found in the intestine have a great impact on the physiological organism's functions and the mechanism of the immune response. As we know the alcoholism is a disease that change the metabolism of individuals and possibly the intestinal flora therefore the importance of knowing the bacterial often in people with chronic alcoholism that not normally carrying a balanced diet and interferes with the absorption and utilization of nutrients due to toxic or irregularities of diet.

## 2 Introducción

En el cuerpo humano podemos encontrar una gran variedad y un inmenso número de microorganismos, principalmente diversas comunidades de bacterias que habitan en el cuerpo de una persona común las cuales cumplen funciones benéficas e importantes para la vida y la salud (Cárdenas, 2012). Cada vez existe un mayor interés por estudiar los microbios presentes en el cuerpo humano, por lo cual se desarrollo el Proyecto del Microbioma Humano (HMP), con el objetivo de construir un catálogo o mapa genético de los microorganismos que habitan el cuerpo humano. (Proctor 2012), el cual sera de gran utilidad ya que servirá para hacer una comparación de estudios en diversos estados de la enfermedad, así como también se pretende deducir como influye la flora bacteriana en el desarrollo de diversas patologías. El intestino humano es el hábitat natural de una población numerosa, diversa y dinámica de microorganismos, principalmente bacterias, las cuales se han adaptado a la vida en la superficie de las mucosas o en la luz del intestino, que junto con otras células forman una organización compleja en el que realizan diversos procesos biológicos (Guarner, 2006). Por lo cual, el microbioma intestinal se compone de un gran número de microorganismos, alrededor de 395 filotipos a nivel de cepa, los miembros de los géneros: Firmicutes, Bacteroidetes, Actinobacteria y Proteobacteria, son las principales especies que se encuentran en la microbiota del adulto.

Los cambios en la flora intestinal podrían ser indicadores muy valiosos para determinar el riesgo de padecer una patología o para ayudar a diagnosticar algunas enfermedades como la diabetes, obesidad, inflamación intestinal así como el desarrollo del cáncer (Guarner et al., 2011). Por otra parte, un estudio previo demostro que las bacterias que normalmente residen dentro del tracto gastrointestinal de humanos, afectan la asimilación de nutrientes y la regulación de energetica del individuo; esto ha llegado a sugerir que las personas obesas y delgadas presenten un microbioma intestinal diferente y por ello se a llegado a la conclusión que el microbioma intestinal juega un papel importante en la regulación del peso y puede ser responsable del desarrollo de obesidad en algunas personas (Guarner, 2010). La importancia del estudio del microbioma intestinal conlleva una serie de beneficios, en la cual las comunidades bacterianas encontradas en el intestino tienen un gran impacto en las funciones fisiológicas del organismo y en el mecanismo de la respuesta inmune.

Por otra parte, mediante diversas señales moleculares, la flora intestinal participa en el desarrollo de las microvellosidadesasi como en la protección estructural y metabólica del epitelio que recubre el sistema digestivo, además juega un papel muy importante en la absorción de nutrientes y la determinación del estado de salud (Andrew L. y Philip P., 2011).

Por otro lado, se ha demostrado que el uso de antibióticos altera el equilibrio del ecosistema, lo que repercute en las interacciones microbiota-hospedador y, consecuentemente, en la salud humana. Además, los antibióticos promueven la expansión de cepas resistentes en la microbiota, creando un reservorio de genes de resistencia, lo que constituye un grave problema en salud pública (Gosalbes *et al.*, 2011).

Según la Organización Mundial de la Salud, el alcoholismo es un trastorno crónico de la conducta que se manifiesta por repetidas ingestas de alcohol, excesivas respecto a las normas dietéticas y sociales de la comunidad y por abarcar interfiriendo en la salud o en las funciones económicas y sociales del bebedor. El alcoholismo crónico es un proceso patológico provocado por el consumo habitual de alcohol en cantidades excesivas, este estado de alcoholismo puede generar: cirrosis, gastritis, trastornos hepáticos, trastornos de ansiedad. Por otro lado, el alcoholismo crónico genera transformaciones de carácter, el mal humor, el desgano y la irritabilidad e incluso alcanzando la depresión ((Diccionario Mosby, 2011, p.86).

El uso crónico de alcohol se piensa que influye negativamente en la composición bacteriana del ser humano, por lo tanto puede contribuir a la patogénesis de las complicaciones del alcoholismo. La persistencia en la ingestión de etanol conduce a una pérdida adicional de peso, la evidencia creciente sugiere que las endotoxinas bacterianas del intestino son cofactores para la lesión tisular por alcohol y en la falla de los órganos, como la enfermedad hepática alcohólica (EHA), que sólo se producen en algunos individuos alcohólicos. Se ha propuesto que el consumo crónico de alcohol genera alteraciones de la microbiota intestinal, lo cual puede ser la causa del estado inflamatorio y de la endotoxemia observada en los pacientes alcohólicos demostrando que el microbioma bacteriano del intestino está alterada en personas alcohólicas (Mutlu *et al.*, 2012).

Por otro lado, los alcohólicos normalmente no suelen llevar una dieta equilibrada, además de que pueden sufrir alteraciones en cuanto a la absorción y el aprovechamiento de los nutrientes. Por tanto, no es raro que estos pacientes sufran malnutrición primaria o secundaria. La malnutrición primaria: ocurre cuando el alcohol reemplaza a otros nutrientes de la dieta, con lo que su ingestión total se reduce; la desnutrición secundaria: ocurre cuando el aporte de nutrientes es adecuado, pero el alcohol interfiere con su absorción en el intestino delgado. El estado de desnutrición más grave, asociado a una significativa reducción de la masa muscular, se encuentra en los pacientes que ingresan en un hospital debido a que presentan complicaciones clínicas de su alcoholismo como, por ejemplo, hepatopatía crónica o pancreatitis (Moreno y Cortez, 2008). Por lo antes mencionado es probable que la microbiota intestinal sufra cambios en los individuos, en base a ello, en el presente reporte se determino si existen alteraciones en la flora enterobacteriana intestinal de pacientes con un grado cronico de alcoholismo. Ya que la familia Enterobacteriaceae constituye un grupo grande y heterogéneo de bacterias Gram negativas, tienen una medida aproximada de 0.5–1.5µm por 1 a 6µm de diámetro, pueden ser móviles o no móviles, dependiendo si presentan o no flagelo, no forman esporas. Crecen de forma aerobia o anaerobia (anaerobios facultativos) en varios medios no selectivos (agar sangre) y selectivos (agar Mac-Conkey).

Fermentan la glucosa y reducen los nitratos, son catalasa positiva y oxidasa negativo. Se encuentran en el suelo, el agua, la vegetación y también en la flora intestinal normal del ser humano. En el cual producen una variedad de enfermedades, por ejemplo: de un 30% al 35% de septicemia, más del 70% de las infecciones del aparato urinario y muchas infecciones intestinales.

## 2.1 Materiales y métodos

### Sensibilización de la población.

Se informó al responsable de cada centro sobre los estudios que se pretendieron realizar así como su colaboración en la selección de los pacientes que presentaron un grado crónico de alcoholismo. A los pacientes se les impartió una plática de las características del estudio y se les invitó a participar, los que aceptaron firmaron una carta de consentimiento informado, se aplicó una encuesta epidemiológica para determinar el grado de alcoholismo en base a su historia clínica, datos socioeconómicos y cantidad ingerida de alcohol.

### Recolección de muestra.

Las muestras de los pacientes fueron recolectadas en los centros de ayuda “alcohólicos anónimos” de Chilpancingo de los Bravo, Guerrero. A las personas se les dio instrucciones sobre el método de toma de muestra coprológica, para lo cual se les otorgó un frasco estéril de boca ancha y tapa de rosca. Posteriormente recolectamos la muestra, la cual se trasladó instantáneamente al laboratorio de la Unidad de Investigación Especializada en Microbiología de la Universidad Autónoma de Guerrero.

### Aislamiento bacteriano.

Para realizar los aislamientos bacterianos, las muestras se sembraron en diferentes medios de cultivo enriquecidos como Agar soya tripticaseína, agar sangre,. Posteriormente las muestras se sembraron en medios de cultivos selectivos para la diferenciación e identificación de bacterias: Agar Mac Conkey, agar EMB y agar sal y manitol, El cultivo se incubo a una temperatura de 37°C y en ambiente de aerobiosis por un periodo de 24-48 horas.

### Identificación bacteriana.

Para la identificación del tipo bacteriano presente, se realizó la observación de la morfología colonial en los diferentes medios de cultivo, además de utilizar la tinción Gram. Posteriormente se realizaron las pruebas bioquímicas oxidasa y catalasa, y finalmente se confirmó el tipo bacteriano por medio del equipo automatizado; Vitek 2 compact.

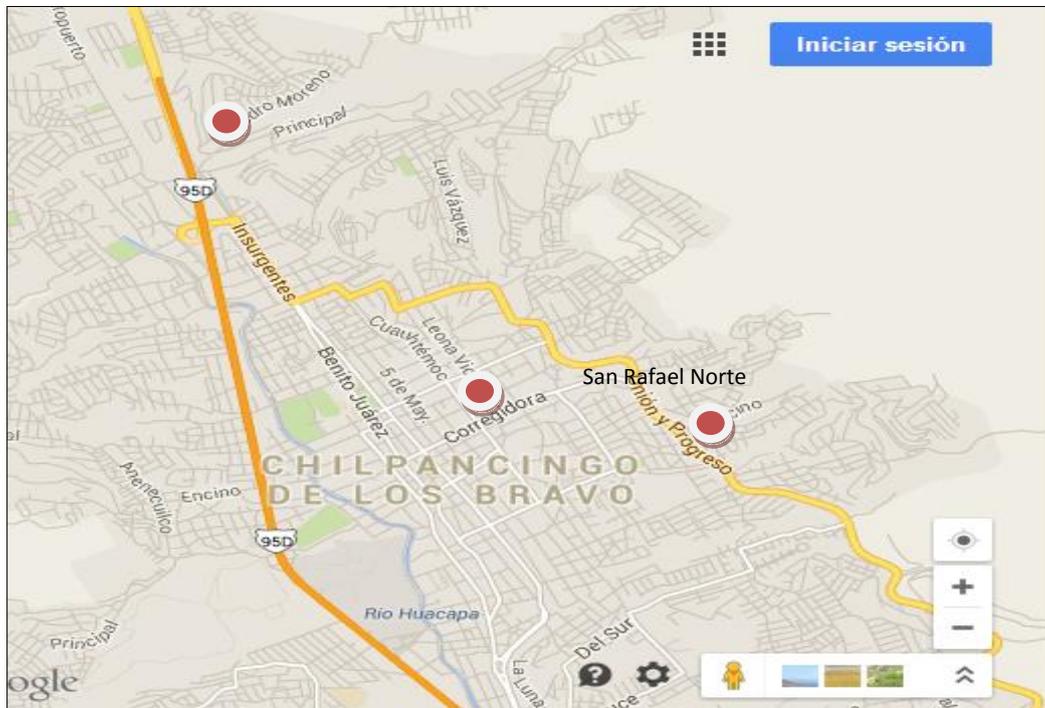
### Análisis estadístico.

Los resultados se reportaron por escrito en el formato correspondiente y se entregaron al paciente. Los datos obtenidos del estudio de laboratorio y los obtenidos en la encuesta se capturaron en una base de datos del programa Excel y se obtuvieron los porcentajes del consumo de alcohol, tipo de bebida ingerida, presencia de una enfermedad, enfermedad relacionada con *E. coli* entre otros.

## 2.2 Resultados y discusión

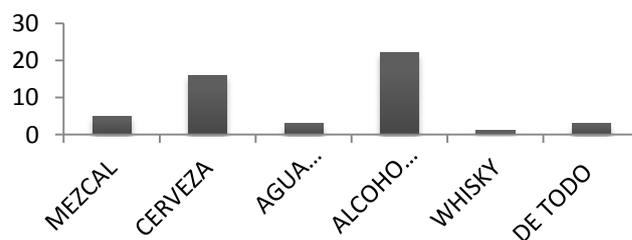
Los muestreos se realizaron en tres centros de rehabilitación de “Alcohólicos Anónimos” ubicados en la ciudad de Chilpancingo Guerrero., 1) Col. El polvorín, Grupo “La amistad”, 2) Col. San Rafael norte, Grupo “Paso XII”, 3) Col. Leona Vicario, “Anexo II”. (ver figura 1).

**Figura 2.** Mapa de la ciudad de Chilpancingo Gro., donde se localizan los centros de rehabilitación. Los puntos rojos nos indican la ubicación precisa de las colonias donde se encuentran cada uno de los centros de rehabilitación.



El alcohol es una sustancia capaz de producir hábito y su consumo excesivo son los principales problemas de salud pública en el mundo. En México de acuerdo a una encuesta realizada, la cerveza es la bebida alcohólica preferida en 61% seguida por el tequila, otros licores como el ron, whisky y mezcal tienen una preferencia menor al 5 por ciento (Maldonado L., 2009). En el presente trabajo se realizó una encuesta a los pacientes que aceptaron participar en la investigación en donde se encontró que los tipos de bebidas preferidas fueron el alcohol puro con un porcentaje del 43% y la cerveza con un porcentaje del 31%. (ver grafica 1). Esto pudiera estar relacionado a las diferencias culturales que se dan por región y que existen en el estado de Guerrero, ya que la población que habita Chilpancingo, es multicultural y de diferente poder adquisitivo. Por otro lado, el alcohol puro, el mezcal y la cerveza son claramente preferidas en el sureste, además cabe mencionar que cuando se llega a un estado de consumo de alcohol crónico este tipo de bebida es común en este tipo de población.

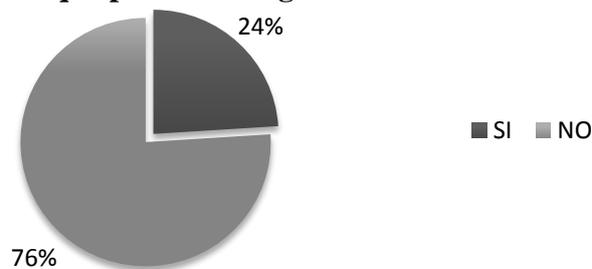
**Grafica 2.** Tipos de bebidas ingeridas. Se realizó una encuesta del tipo de bebidas que ingerían cada paciente, en el cual el alcohol puro fue el más frecuente seguido de la cerveza y en menor cantidad el mezcal, agua ardiente y whisky, solo tres personas coincidieron que tomaban de todo.



Los efectos o resultados adversos que se obtienen a nivel de la salud por el consumo de alcohol son múltiples y los problemas físicos se producen de forma progresiva, de este modo puede que se pase de una etapa en la que no hay síntomas a una en la que presenten síntomas de tipo medio y posteriormente a síntomas graves. Solo el 24% de los pacientes en rehabilitación expresaron presentar síntomas en los que destacan: gastritis, cirrosis hepática, diabetes, anorexia, y presión arterial. (Ver grafica 2). Estos síntomas suelen ser frecuentes en personas que consumen alcohol de forma crónica, la cirrosis hepática es una de las más importantes que influye en el estado de salud y en las complicaciones de diferentes órganos (Mutlu et al., 2012). Si bien es necesario tomar en cuenta que el fondo genético de los individuos, así como la composición de su microbioma son factores importantes para el desarrollo de ciertas patologías o la presencia de alguna enfermedad o daño a un órgano (Solís L., 2007). Y en el caso del alcoholismo diversos órganos se ven afectados, así como el daño metabólico o alteración metabólica puede influir para que se altere la microbiota intestinal.

**Grafica 2.1** Pacientes que presentaron alguna enfermedad. De 50 pacientes encuestados solo el 24% presentaron síntomas dentro del centro de rehabilitación, entre las que destacan: gastritis, cirrosis hepática, diabetes anorexia y presión arterial.

### Pacientes que presentan alguna enfermedad

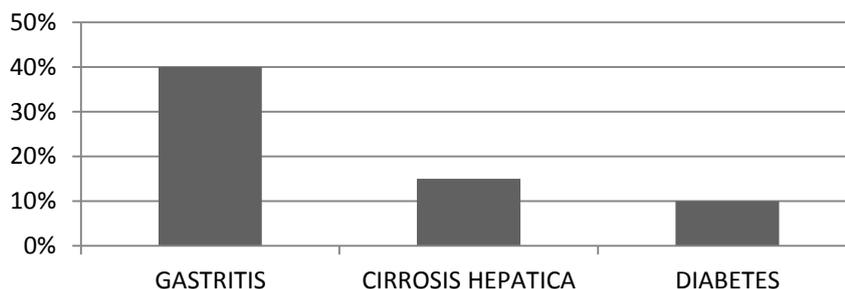


Para determinar la prevalencia de la especie bacteriana más común en relación con la enfermedad más frecuente en pacientes alcohólicos, se realizó un análisis estadístico en la cual se encontró que en los pacientes que reportaron gastritis (40%), *E. coli* fue la especie bacteriana más prevalente (ver grafica 3), la cual se encontró en un total de 23 pacientes.

Aunque *E. coli* forma parte de la flora normal, es uno de los microorganismos más prevalentes en individuos hospitalizados e inmunodeprimidos incluyendo pacientes alcohólicos y diabéticos (Puerta-García y F. Mateos., 2010), esto concuerda con lo encontrado en el presente trabajo.

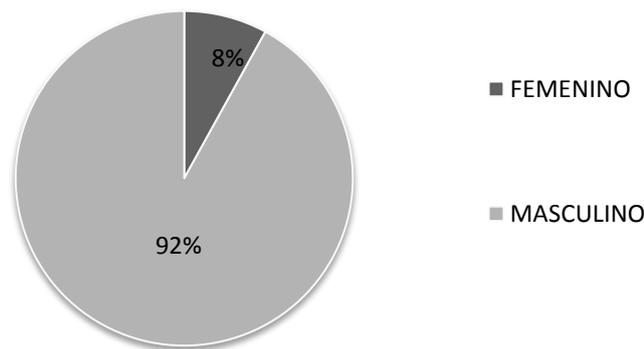
**Grafica 2.2** Enfermedades relacionadas con la prevalencia de *E. coli*. Gastritis fue la enfermedad más frecuente entre los pacientes con 40%, cirrosis hepática con 16% y por último diabetes con 10%.

### Enfermedades relacionadas con prevalencia de *E. coli*



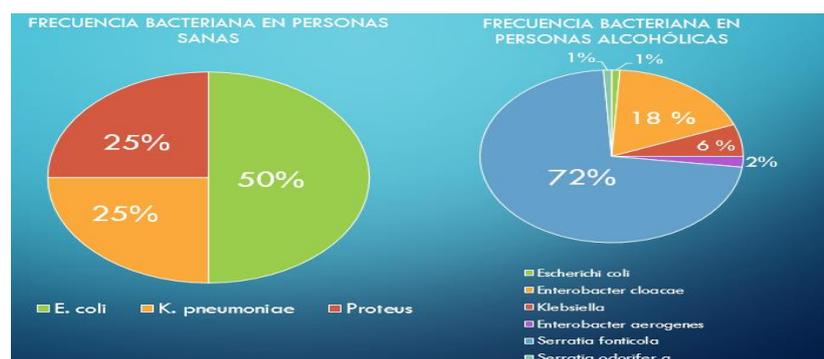
Cuando se analizo el estudio el 92% de los pacientes fueron del sexo masculino y solo el 8% fueron del género femenino, (ver grafica 4). Esto se debe a que en cada centro solo tenía alrededor de 5 mujeres y en su mayoría eran hombres eso explica la media nacional de consumo de alcohol que de cada 100 hombres 10 presentan por lo menos abuso a las bebidas embriagantes (Ibáñez I., 2014) por cada 100 mujeres, 2 presentan este problema. De acuerdo a estadísticas nacionales en consumo de alcohol realizada en enero del 2014, Guerrero ocupa una tasa de abuso/dependencia de alcohol: en hombres de 10.4 por ciento y en mujeres 2.1 por ciento a nivel estatal.

**Grafica 2.3** Tipo de género al que se le realizo el estudio. En el que sexo masculino fue el más frecuente con un 92% y en el caso del femenino solo el 8%.



En el presente estudio se determino la frecuencia de Enterobacterias y la relación que existe entre el microbioma intestinal en personas que consumen alcohol de forma crónica usando como control personas que no consumen alcohol, (ver grafica 5A y 5B). En este caso tenemos a *E. coli* y *K. pneumoniae* en ambos estudios, mientras que las dos especies de *Serratia* y *Enterobacter* únicamente en pacientes alcohólicos. De acuerdo a estudios realizados previamente relacionados con el microbioma intestestinal encontramos que la frecuencia bacteriana de personas aparentemente sanas resulto ser igual a la flora normal de una persona común, como tambien se ha demostrado en (Eckburgh et al., 2005), obteniendo a *E. coli*, *K. pneumoniae* y *Proteus* con mayor frecuencia. Si bien no existen reportes que nos indiquen como se encuentra la flora intestinal en personas que consumen alcohol de forma crónica. Los resultados obtenidos de dichos estudios revelan que *E. coli* fue más frecuente con un 72%, seguido de *E. cloacae* 18% y el género *Serratia* 1%, estos dos últimos no son muy frecuentes encontrarlos en la flora normal más sin embargo pueden presentarse como agentes patógenos en personas inmunocomprometidas y por lo tanto en personas alcohólicas.

**Grafica 2.4** A) Frecuencia bacteria en personas sanas. Las bacterias más frecuentes son *E. coli* con un 50%, y con un 25% *K. pneumoniae* y *Proteus*. B) frecuencia bacteriana en personas alcoholicas. *E. coli* con un 72%, *E. cloacae* con 18%, y en menor frecuencia *klebsiella* con 6%, *E. aerogenes* 6% y *S. fonticola* y *S. adorifera* con un 1%.



## 2.4 Conclusiones

Se determinó la frecuencia de enterobacterias en individuos con un grado crónico de alcoholismo dentro de las cuales se encontro con mayor frecuencia: *Escherichia coli*, *Enterobacter cloacae*, *Klebsiella pneumoniae* respectivamente. Al comparar estos datos con los de la microbiota intestinal en personas aparentemente sanas, en estas no se detecto las dos especies de *Serratia* y *Enterobacter*. Lo cual prueba la hipostesis en la cual se sugiere que existen diferencias en el microbioma intestinal en personas que sufren una patología relacionada con el alcoholismo.

## 2.5 Agradecimientos

M.C. Roxana Reyes Rios por su asistencia técnica en la revisión del texto.

Dr. Ricardo Juárez Ríos, Director del Hospital General ISSSTE Acapulco, por el apoyo tecnico brindado en la identificación bacteriana.

## 2.6 Referencias

Andrew, L. y Philip P. (2011). Human nutrition, the gut microbiome and the immune system.(1a ed). USA: MacmillanPublishersLimited.

Cardenas, G. (2012). El microbioma humano. *¿Cómo ves?*, 167(14). 10-14.

Eckburg, Paul B., Elisabeth M. Bik, Charles N. Bernstein, Elizabeth Purdom, Les Dethlefsen, Michael Sargent, Steven R. Gill, Karen E. Nelson, and David A. Relman. (2005). “Diversity of the Human Intestinal Microbial Flora.” *Science* 308, no. 5728.

Gosalbes, María José, Ana Durbán, Miguel Pignatelli, Juan José Abellan, Nuria Jiménez-Hernández, Ana Elena Pérez-Cobas, Amparo Latorre, and Andrés Moya. (2011). “Metatranscriptomic Approach to Analyze the Functional Human Gut Microbiota.” *PloS One* 6, no. 3.

Guarner, Francisco. (2006). “Enteric Flora in Health and Disease.” *Digestion* 73 Suppl 5–12.

Guarner, Francisco. (2011). “The intestinal microbiota and inflammatory bowel disease.” *Gastroenterología y hepatología* 34, no. 3.

Ibañez I. (2014). “Guerrero Supera Estadísticas Nacionales En Consumo de Alcohol” *Últimas Noticias*. Quatratin Noticias Guerrero.

Maldonado I. (2009). “consumo de bebidas alcohólicas en México.” *Consulta Mitofsky*.

Moreno Otero, R, and J R Cortés. (2008). “Nutrition and chronic alcohol abuse.” *Nutrición hospitalaria* 23 Suppl 2. 3–7.

Mutlu, Ece A, Patrick M Gillevet, Huzefa Rangwala, Masoumeh Sikaroodi, Ammar Naqvi, Phillip A Engen, Mary Kwasny, Cynthia K Lau, and Ali Keshavarzian. (2012). “Colonic Microbiome Is Altered in Alcoholism.” *American Journal of Physiology. Gastrointestinal and Liver Physiology* 302, no. 9.

Proctor L. (2012). “A Framework for Human Microbiome Research.” *Nature* 486, no. 7402. 215–21.

A. Puerta-García. F. Mateos-Rodríguez. (2010). Enterobacterias. *Medicine*. Artículo de actualización, Unidad de Enfermedades Infecciosas. No.51. 3426-31.

Villanueva, A. (2011). Medicina, Enfermería y ciencias de la salud. *En el diccionario Mosby* (vol. 5, p.86). España: Elsevier.

## **Efectos del mercurio en el organismo por el uso de la amalgama dental**

Carolina Bernal, Guadalupe Capetillo, Clara Parra, Evelyn Torres y Miguel Diaz

C. Bernal, G. Capetillo, C. Parra, E. Torres y M. Diaz  
Facultad de Odontología Universidad Veracruzana  
gcapetillo@uv.mx gcapetilloh@hotmail.com

M. Ramos., V.Aguilera., (eds.).Ciencias Naturales y Exactas, Handbook -©ECORFAN- Valle de Santiago, Guanajuato, 2014.

## Abstract

For more than a century mercury is used in dental practice for their ability to bind metals (amalgam) due to their low cost without taking into account that people are harming their health due to toxicity containing mercury. This investigation sought to study the impact of mercury amalgam in the body of the individual because of the time and the number of seals taken into the oral cavity. This toxicity causes conditions in the central, kidney problems, lung, multiple sclerosis, depression, allergies, Parkinson nervous system, among others. The type of study conducted descriptive, analytical, and retrospective that we mentioned the impact of mercury amalgam in the body using data that has been done in the past.

## 3 Introducción

La presente investigación trató sobre el daño que causa la amalgama en el organismo del individuo con el fin de obtener conocimiento sobre su toxicidad en el sistema nervioso central, esclerorisis múltiple, trastornos renales, pulmonares, inmunes, epilepsias, parálisis, migrañas, Alzheimer entre otros.

Actualmente existe controversia acerca del uso de la amalgama ya que se ha demostrado riesgos en el paciente así como en el dentista y asistente dental por el alto contenido de mercurio.

En la actualidad existe la tendencia a nivel mundial de poder descartar la amalgama en nuestro consultorio dental debido a su alta toxicidad y por tal motivo se han tratado de elaborar técnicas odontológicas en las cuales no se utilice el mercurio.

### 3.1 Amalgama

Es un material con el que se hacen restauraciones directas de inserción plástica para poder trabajarlo se necesita hacer una mezcla (polvo, líquido), así esta mezcla se colocará en la preparación de un diente y en ella va adquirir un estado sólido.<sup>3 (Macchi, 2007)</sup> M. Traveu utilizó el primer compuesto de amalgama dental de plata-mercurio en 1826 en París.<sup>3 (Macchi, 2007)</sup>

El polvo es un metal que forma una solución líquida con el mercurio pero en baja concentración. De tal forma cuando se disuelve suficiente cantidad de polvo en el líquido se comienza a formar fases sólidas y esto lleva al material al endurecimiento o fraguado.<sup>24 (Macchi, 2000)</sup> Dicho polvo debe de contener un metal que se pueda disolver con el mercurio para poder formar fases sólidas a temperatura bucal.<sup>24 (Macchi, 2000)</sup> La composición del polvo al mezclar con el mercurio es una aleación de tipo compuesto intermetálico, de plata y de estaño y se identifica como fase gamma.<sup>24 (Macchi, 2000)</sup>

Por el ello el tipo de composición es: Hg (mercurio) 50%, Cu (cobre) 12%, Sn (estaño) 15%, Ag (plata) 20% y Zn (zinc) 3%.<sup>35 (Bicardí, 2010)</sup>

### Efectos de los componentes de la aleación

Ag (plata): da resistencia a la amalgama para soportar fuerzas oclusales y al ser mezclado con el Hg (mercurio): acelera el endurecimiento.

Sn (estaño): ayuda al mercurio a la amalgamación al mezclado en una temperatura ambiente.

Cu (cobre): disminuye el Creep y el escurrimiento es decir aumenta la resistencia de la amalgama.

Zn (zinc): no influye en la formación de la fase gama pero es importante para que haya una buena mezcla del material.<sup>24 (Macchi, 2000)</sup>

### **Black clasificó la proporción de las aleaciones de la amalgama:**

Ag (plata) 67% de masa. Tiene mayor afinidad con el Hg. Hace más rápido el endurecimiento. Tiene mayor dilatación y resistencia.

Sn (estaño)25%. Es el agente de contracción. Se une con mayor facilidad al mercurio. Retarda el endurecimiento y aumenta el flujo, corrosión y escurrimiento.

Cu (cobre) 6%. Aumenta la dureza y tenacidad de la aleación. Disminuye el flujo y el escurrimiento

Zn (zinc) Se utiliza para observar el cambio en la estabilidad dimensional. La amalgama convencional es una estructura con núcleos fase gamma y una matriz de gamma-1 y gamma-2.<sup>24</sup> (Macchi, 2000)

### **Indicaciones**

- Restauraciones de cavidades proximales, defectos de fosetas y fisuras, lesiones en el tercio gingival de dientes posteriores, en las superficies distales de caninos y en otras áreas donde su colocación no afectará la estética.
- Reparación de restauraciones defectuosas.
- Como material temporal sobre tratamientos pulpares.<sup>3</sup> (Macchi, 2007)

### **También se debe de considerar los siguientes factores**

- Tamaño de la cavidad
- Los materiales presentes en boca
- Factores económicos
- Estética<sup>3</sup> (Macchi, 2007)

### **Pasos a seguir para la colocación de amalgama**

**Amalgamación o trituración o maxalación:** esta se puede realizar de manera manual o mecánica. Condensación: una vez ya triturada la amalgama se lleva esta mezcla a una cavidad correspondiente en donde se colocara el material en un porta-amalgama en sucesivas porciones y cada una de esas porciones son atacadas bajo presión para que el material se adapte a alta energía superficial a las paredes del diente.

**Tallado:** una vez colocada y condensada la amalgama se talla la restauración para darle la forma correspondiente al diente, el tallado deberá realizarse cuando el material se encuentre endurecido y debe de escucharse un crepitado o sonido metálico.

**Pulido:** el pulido debe realizarse 24 horas después de haber realizado dichos procedimientos.<sup>24</sup> (Macchi, 2000)

## La guerra de las amalgamas

### Primer periodo de enfrentamiento

En 1833 Talbot y varios colegas odontológicos comienzan a tener dudas sobre la toxicidad y la eficacia del material en la obturación dental. En 1840 se funda la American Society of Dental Surgeons (ASDS), la cual en 1845 prohíbe el uso de amalgamas a los miembros de dicha asociación debido a los daños que causa en la salud de los pacientes, llegando a provocar la disolución de dicha asociación en 1856.<sup>27 (Mutis, 2011)</sup>

Poco después en Norteamérica en 1857 surge la asociación dental americana (ADA), la cual hace una defensa de la amalgama como un material de obturación seguro.<sup>27 (Mutis, 2011)</sup>

En 1860 los científicos añaden a la amalgama la aleación de estaño para mejorar las propiedades de reducción de expansión y posteriormente en 1895 como en 1916 se modifica la mezcla de los metales que contiene la amalgama para obtener mejores resultados en la expansión y contracción de dicho material de restauración.<sup>27 (Mutis, 2011)</sup>

### Segundo periodo de enfrentamiento

Entre 1922 y 1926 en Europa unos científicos al igual que odontólogos sostienen tener evidencias sobre los efectos adversos que causa en la salud la amalgama dental. Movimiento liderado por Stock químico del instituto Káiser-Wilhelm quien publicó varios artículos sobre los efectos que causa en boca y en otras partes del cuerpo el mercurio.<sup>27 (Mutis, 2011)</sup>

A partir de ese momento se realizan diferentes estudios en donde algunos defienden y otros atacan el uso de la amalgama en el consultorio, entre uno de los defensores fue Frykholm del Instituto de Karolinska de Suecia quién afirma que la liberación de mercurio es limitado por la acción de la saliva sobre la superficie de la amalgama, este estudio sirve de base para que diferentes odontólogos continuaran con el uso de este material en el consultorio dental.<sup>27 (Mutis, 2011)</sup>

### Tercer periodo de enfrentamiento

En 1973 el odontólogo estadounidense Hal Huggins y la brasileña Olympia Pinto publican estudios sobre el envenenamiento crónico por amalgama tanto en pacientes como en personal de la salud oral.<sup>27 (Mutis, 2011)</sup>

En 1979 y 1981, Gay de la Universidad de Iowa y Svare de la Universidad de Ohio sostienen en sus estudios que la liberación del mercurio se da por medio de la masticación, cepillado dental y consumo de bebidas calientes.<sup>27 (Mutis, 2011)</sup>

Estudios foráneos de Nylander, Friberg Lind en Suecia y Eggleston en Estados Unidos en el año de 1987 demuestran que en autopsias de personas que murieron por muerte súbita presentaban cantidades considerables de mercurio en algunas zonas del cerebro y se asocia esto con el número de obturaciones en boca.

Entre finales del siglo XX e inicios del siglo XXI se publicaron estudios y reportes sobre las altas concentraciones de mercurio en la orina.<sup>27 (Mutis, 2011)</sup>

## Cuarto periodo de enfrentamiento

En enero de 2008 en Noruega el gobierno y el ministerio del medio ambiente prohíbe el uso de la amalgama dental después de haber existido un uso restringido en infantes y en mujeres embarazadas. En abril de ese mismo año en Dinamarca se prohíbe el uso de la amalgama. Así mismo en el 2000 en Suecia empiezan a generar acciones para prohibir el uso de amalgamas en infantes y en mujeres embarazadas o personas con enfermedades renales y en el 2008 toman las mismas medidas que en Noruega y Dinamarca.

En Estados Unidos 6 estados han exigido el diligenciamiento del consentimiento informado en todos aquellos pacientes que acepten colocarse amalgamas como material de obturación. En Canadá, Japón y Alemania se prohíbe el uso de amalgamas en mujeres embarazadas, en infantes y personas con problemas neurológicos.<sup>27 (Mutis, 2011)</sup>

Actualmente la controversia sobre el uso de la amalgama ha saltado instancias internacionales en las cuales el programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) lideran desde el 2007 la Alianza Global del Mercurio, a esta política se ha unido varias asociaciones entre ellas la Federación Dental Internacional (FDI) y la Asociación Dental Americana (ADA). Estas dos asociaciones lideran un ámbito gremial para lograr que todos sus asociados apoyen la Alianza Mundial sobre el Mercurio la cual incluye el desuso de la amalgama en tratamientos odontológicos.<sup>27 (Mutis, 2011)</sup>

### 3.2 Mercurio

Es un elemento metálico que se cataloga como un material peligroso debido a los daños que causa a la salud y al ambiente.<sup>1 (Fuentes, 2003)</sup>

#### Uso del mercurio en odontología:

- En obturaciones dentales y
- Soluciones antisépticas

#### Composición del mercurio

El mercurio que se utiliza en las obturaciones dentales debe de ser puro y certificado por alguna institución que se dedique al control de calidad.

Se pueden emplear compuestos orgánicos del mercurio en la desinfección de la mucosa oral; y estos pueden ser: mercocresoles, nitromersol y thimerosal.

#### Propiedades del mercurio

Punto de fusión: es  $-39^{\circ}\text{C}$ . Densidad: tiene alta densidad de  $13,6 \text{ g/cm}^3$ . Tensión superficial: tiene una muy alta tensión superficial de  $470 \text{ erg/cm}^2$ . Presión de vapor: es  $2 \times 10^{-3} \text{ mm}$  de mercurio a  $26^{\circ}\text{C}$  y  $0,27 \text{ mm}$  de mercurio a  $100^{\circ}\text{C}$ .

#### Efectos biológicos

Sensibilidad: es causada por las exposiciones de vapores de mercurio y este desaparece después de retirar dichas restauraciones.

Mercurialismo: este se produce por una prolongada exposición a niveles por encima de lo normal.<sup>23</sup> (O'Brien.Ryge, 2004)

### **Tolerancia biológica**

Como la producción y manipulación de mercurio produce contaminación ambiental y ante el temor a los efectos en su empleo en algunos países ha sido aprobada legislación que prohíbe el uso de la amalgama dental en el consultorio dental.<sup>24</sup> (Macchi, 2000)

Por tal motivo se está tratando de disponer de algún material que reemplace al mercurio con un líquido constituido por galio, indio y estaño.<sup>24</sup> (Macchi, 2000)

### **Elección de la aleación de mercurio**

El mercurio de la amalgama debe ser puro, debido a que la falta de pureza afecta adversamente a las propiedades físicas de la amalgama. Las siglas U.S.P escrita sobre la etiqueta del frasco nos indican a ciencia cierta el nivel de pureza de mercurio. Esta asignación nos indica que el mercurio no tiene contaminación superficial y que contiene menos de 0.02 por 100 de residuo no volátil. Este requisito se encuentra incluido en las normas de la A.D.A. específicamente en la norma no. 6.<sup>25</sup> (W, 2000)

### **Evaluación de niveles de exposición**

Valor umbral limite en el aire: es la concentración en el aire de un agente tóxico en la que se cree que uno puede estar expuesto diariamente sin un efecto adverso para la salud. Su valor es de 0,05 mg/m<sup>3</sup> de aire.

Determinación en los líquidos biológicos: se puede detectar el mercurio en la orina, saliva, y sangre.

Orina: solo es detectable un 20% de los sujetos normales, las concentraciones normales son 0.015mg/l.

Saliva: nivel de mercurio normal en la saliva es de 0,015 mg/100ml.

Sangre: rango normal es de 0,1 µ g/100ml y se vuelve significativo con niveles de toxicidad por encima de los 6 µ g/100ml.

Cabello y uñas: valores normales en el cabello son: 7 ppm y en las uñas de 5,10 ppm.

### **Pruebas de desintoxicación:**

Prueba DMPS (Dimercapto-propansulfonato): es una sal sulfúrica a la que se adhiere el mercurio en la sangre. a través de la orina y la defecación y se excretan los tóxicos. Se analiza la orina espontanea entre 45 y 60 minutos después de la inyección DMPS en búsqueda de mercurio y otros metales. En la orina se utiliza para determinar la exposición de vapores de mercurio.

Prueba de sangre: Se realizan pruebas de laboratorio y en la sangre se evalúa la exposición al metilmercurio

Prueba en el medio ambiente: Tubo de control de dräger determina el vapor de mercurio en el aire, el aire se aspirará con tantas carreras como sean necesarias hasta alcanzar la coloración naranja pálido.<sup>25</sup> (W, 2000)

### **La composición química del mercurio de la amalgama**

Es el mercurio orgánico y son habitualmente descritos en tres formas:

Metil mercurio - Dimetil mercurio - Difetil mercurio<sup>35</sup> (Bicardí, 2010)

### **Peligros de la exposición**

Para el personal dental: la manipulación del mercurio en la amalgama pone en riesgo al personal que trabaja en el consultorio dental.

### **Posibles rutas de absorción del mercurio en los consultorios dentales**

- Almacenamiento del mercurio
- Inhalación. Vapor de mercurio de recipientes no sellados especialmente si la temperatura se eleva por encima de los 32°C.
- Transferencia y manipulación del mercurio, incluyendo trituración, amasado y exprimido.
- Inhalación. vapor de mercurio de recipientes sin sellar, derrames y residuos.
- Absorción cutánea. Manos contaminadas por manipulación del metal.
- Ingestión. Mercurio de las manos transferido directamente a la boca o sobre alimentos y cigarrillos.
- Tallado de viejas obturaciones de amalgama
- Inhalación. Vapor de mercurio liberado por el calor del tallado de pequeñas partículas de amalgama, polvo de amalgama inhalado en los pulmones.
- Ingestión. Partículas de polvo de amalgama impactadas en la boca y en la parte superior del árbol respiratorio y luego deglutidas.
- Obturación con nueva amalgama, condensación y pulido
- Inhalación, absorción cutánea e ingestión. Riesgo de orden muy bajo
- Limpieza de equipo, superficies de trabajo, pisos, etc.
- Inhalación. De recipientes sin sellar, manipulación de derrames, gotitas y polvo.
- Absorción cutánea. Por manipulación de metal, equipo y superficies contaminadas.
- Ingestión. Por transferencia de manos contaminadas.

Para el paciente: no son potencialmente dañino salvo a que tengan presente varias restauraciones con amalgama y presenten sensibilidad en estas.<sup>23</sup> (O'Brien, Ryge, 2004)

La OMS clasifica a las amalgamas como la fuente principal de liberación de mercurio y se encontraron cifras de liberación de mercurio diaria de aproximadamente entre 3 y 17 microgramos al día, mientras en otras fuentes de 2 a 6 microgramos al día.

Es decir tres a 17 microgramos al día significa 1.095 a 6.200 microgramos al año es decir estas elevadas cifras al paso de los años podrían llegar a causar daños en el organismo.<sup>36</sup> (Rodríguez, 2005)

### **Recomendaciones de la A.D.A en la higiene del mercurio**

Estas reglas han sido establecidas por el Council on Dental Materials and Devices de la A.D.A.

- Guardar el mercurio en recipientes seguros.
- Realizar todas las operaciones que comprenda el mercurio sobre zonas adecuadas.
- Limpiar todo el mercurio derramado.
- Usar capsulas cerradas durante la amalgamación.
- Emplear una técnica de manipulación en la cual no se toque con las manos el mercurio.
- Recoger todos los residuos de amalgama.
- Trabajar en espacios ventilados.
- Evitar poner alfombras en los consultorios.
- Eliminar el uso de soluciones que contengan mercurio.
- Evitar el calentamiento del mercurio.
- Emplear un rocío de agua y succión cuando se talla la amalgama dental.
- No usar amalgamas ultrasónicas.
- Realizar determinaciones anuales de mercurio en todo el personal.
- Hacer determinaciones periódicas de nivel de vapor de mercurio.
- Alertar a todo el personal involucrado en la manipulación del mercurio.<sup>23</sup> (O'Brien.Ryge, 2004)

### 3.3 Toxicidad

Grado de efectividad que poseen las sustancias y se emplea para identificar el nivel tóxico de diferentes fluidos o elementos y el daño que ocasiona en el organismo.<sup>2</sup> (Def, 2008)

Desde el comienzo del uso de mercurio en la odontología se planteó una interrogante de que si el mercurio puede producir efectos locales o generales en el ser humano.<sup>25</sup> (W, 2000)

El mercurio y sus compuestos se clasifican de acuerdo al grado de toxicidad. Los compuestos mercuriales que tienen mayor importancia en odontología son los vapores de mercurio elemental y estos son absorbidos en un 80-90% por el tracto respiratorio llegando hasta los alveolos y penetran al torrente sanguíneo.<sup>1</sup> (Fuentes, 2003)

El mercurio es un metal líquido a temperatura ambiente es el único metal líquido a temperatura de 0°C. El mercurio hierve a una temperatura de 357°C pero sus vapores son altamente tóxicos a cualquier temperatura.<sup>4</sup> (Mercuriados, 2005)

Los vapores de mercurio se dirigen a las células del cerebro y ahí se oxida el mercurio que es el que va a producir la toxicidad.<sup>4</sup> (Mercuriados, 2005)

Al inhalar el vapor de mercurio por un periodo prolongado causa mercurialismo ésta es una enfermedad en la cual se presentan los siguientes síntomas:

Temblores finos, eretismo, timidez, depresión, resentimiento, dolores de cabeza, fatiga e insomnio.<sup>1</sup> (Fuentes, 2003)

También puede diagnosticarse por: hipertrofia tiroidea, hipercaptación de yodo radioactivo en la tiroides, pulso lábil, taquicardia, dermatografismo, gingivitis, anomalías hematológicas e hiperexcreción de mercurio en la orina.<sup>4</sup> (Mercuriados, 2005)

Otro de sus síntomas es el temblor mercurial en parpados, lengua y labios que posteriormente se presentará en miembros superiores e inferiores como también presentación de disartria y ataxia. Esto se puede presentar a nivel del sistema nervioso periférico y degeneración fibrilar.<sup>7</sup>

Las cantidades de mercurio que se utilizan en la amalgama dental son las causantes de problemas de salud o síntomas aparentemente inconexos.<sup>6</sup> (Solórzano, 2013)

El mercurio en la boca es considerado una toxina letal cuando este se vaporiza, cuando este es aplicado a los dientes genera corrientes eléctricas dañando la boca de los pacientes, estas corrientes son peores cuando hay presencia de otros metales en boca se han encontrado valores de 200 mV. Se ha descubierto que cuando se mastica la producción de vapores aumenta hasta 6 veces. La utilización del mercurio en odontología genera un riesgo importante por ejemplo el inhalar sus vapores durante la preparación e inserción de la amalgama fresca o vieja al ser retiradas. Esto se intensifica sino se emplean medidas de control adecuadas al ser manipuladas y al ser desechadas ya que estas pueden esparcirse en el lavamanos, piso, mesa de trabajo, paredes, alfombras, etc.<sup>7</sup> (UASL, 2013)

El mercurio al ser absorbido aproximadamente un 80% se distribuye en la sangre y traspasa la barrera hematoencefálica en donde se acumulará en altas concentraciones en los nervios periféricos y cerebro; además se puede acumular en los riñones, glándulas salivales, hígado, testículos e intestinos. En la sangre y en los tejidos se biotransforma por catalasa que lo oxida a ion mercúrico, tiene una vida media en la sangre de 60 días y su eliminación puede prolongarse por varios días.<sup>7</sup> (UASL, 2013)

### **Enfermedades que causa el mercurio de la amalgama en el organismo**

La OMS ha adoptado una postura en contra del uso del mercurio en odontología debido a que la amalgama se ha asociado con problemas de la salud por la liberación del mercurio.<sup>5</sup> (Perales, 2011)

- “La amalgama libera una cantidad significativa de mercurio en el medio ambiente.
- La OMS determina que la amalgama plantea problemas de salud en general.
- La OMS concluye que materiales alternativos a la amalgama dental están disponibles.”<sup>5</sup> (Perales, 2011)

El Dr. Alfred Stock acuñe el término micromercurialismo a las enfermedades causadas por el mercurio de la amalgama y las divide en 3 categorías:

- De primer grado: disminución de la capacidad de trabajo, cansancio progresivo y leve irritación nerviosa.
- De segundo grado: inflamación de las mucosas nasales, disminución de la memoria, disminución de la autoestima, irritabilidad, dolor de cabeza y síntomas catarrales.
- De tercer grado: los síntomas se parecen al del mercurialismo clásico ( de las intoxicaciones agudas) dolor de cabeza, debilidad generalizada, insomnio, disminución de las facultades intelectuales y depresiones además de frecuentes diarreas, sensación de compresión cardíaca y temblores.

El mercurio deprime al sistema inmunológico porque forma moléculas con un alto peso es decir antígenos y trata de destruirlos a través del mismo y esto puede relacionarse con enfermedades autoinmunes como es lupus eritematoso, liquen plano, enfermedad de Crohn, colitis ulcerosa, endometriosis, Alzheimer, depresión, alergias, trastornos renales, epilepsias, parálisis, migrañas, Parkinson, esclerosis múltiple, entre otros.<sup>36</sup> (Rodríguez, 2005)

### 3.4 Materiales y Metodo

#### Justificación

En la práctica como estudiante de la Facultad de Odontología campus Veracruz se ha encontrado que al colocar la amalgama dental en los pacientes no se cumple con todos los lineamientos, lo cual puede causar daños a la salud tanto del operador, como a la del paciente por inhalar sustancias tóxicas como es el caso del mercurio en la amalgama por eso es necesario saber cómo utilizarla y como poder eliminarla de la boca para así no causar toxicidad en el organismo.

De tal forma hay que informar a los pacientes sobre el daño que causa el mercurio de la amalgama al organismo para que ellos reflexionen y tengan otras alternativas para restaurar sus caries.

#### Objetivo General

Identificar el impacto que tiene el mercurio de la amalgama en el organismo.

#### Objetivos específicos

- Identificar la proporción del mercurio en la amalgama.
- Determinar la cantidad de mercurio de amalgama que afecta de manera sistémica el organismo del individuo.
- Mencionar los efectos del mercurio en el organismo.

**Material y método:** Es un estudio descriptivo de revisión bibliográfica en el que se analizaron resultados de investigaciones previas.

### 3.5 Resultados

Se describe el daño que causa el mercurio de la amalgama en el organismo del individuo debido al tiempo y al número de obturaciones que se tienen en la cavidad oral.

Dicha toxicidad puede ocasionar afecciones importantes en el organismo. A partir de 8 empastes de amalgama en la cavidad oral puede ocasionar daños considerables en el organismo del individuo. El 50% del mercurio de la amalgama se libera por un periodo de 10 años lo que corresponde a un 50% de la corrosión. Impacto: Se relaciona con el sistema inmune y puede ocasionar distintas enfermedades como: lupus eritematoso, liquen plano, enfermedad de Crohn, colitis ulcerosa, endometriosis, Alzheimer, depresión, alergias, trastornos renales, epilepsias, parálisis, migrañas, Parkinson, esclerosis múltiple, entre otros.

### 3.6 Conclusiones

En la actualidad existe tendencia a descartar en algunos países el uso de amalgamas en los consultorios dentales debido al impacto que ocasiona el mercurio de la amalgama en los pacientes al inhalar dichos vapores por ejemplo pueden presentar desde una migraña hasta Alzheimer debido a que este altera la bioquímica celular así llegando afectar al sistema nervioso central, sistema inmunológico y el sistema reproductivo.

### 3.7 Referencias

Morales Fuentes I; Reyes Gil R (2003), Mercurio y salud en odontología, *SciELO*, (vol. 37, No. 2)

Definición.de. (2013). *Toxicidad*, Recuperado de <http://definicion.de/toxicidad/>

MACCHI RICARDO LUIS,(2007), “*Materiales dentales*”, Buenos Aires, Argentina: Médica Panamericana, P 207

Mercuriados asociación española afectados por mercurio de amalgama dentales y otras situaciones.(2013). *Información general sobre el mercurio*, Recuperado de <http://www.mercuriados.org/es/pag113>

Perales R.V. Odontología láser (2011), *Toxicidad de amalgamas*, Recuperado de <http://www.odontologiacadcam.com/toxicidad-de-amalgamas-mercurio/>

Sanándose naturalmente. (2013). *Amalgamas dentales*, Recuperado de <http://sanandose.com/amalgamas-dentales/>

Universidad Autónoma de San Luis Potosí Coordinadora del Proyecto Sustitución y Reducción de Mercurio en Hospitales en México, CAATA, Salud sin Daño, México, D. F.

Mercuriados asociación española afectados por mercurio de amalgama dentales y otras situaciones.(2013). *Síntomas y enfermedades*, Recuperado de <http://www.mercuriados.org/es/pag120>

O´BRIEN.RYGE, (2004) “*Materiales dentales y su selección*”, Buenos Aires, Argentina: Médica Panamericana P168-171

MACCHI RICARDO LUIS, (2000) “*Materiales dentales*”, Buenos Aires, Argentina: Médica Panamericana, P 183-199

RALPH W, PHILIPS,(2000) “*La ciencia de los materiales dentales*”, Génova, España: Interamericana, P 270-286

Michael Palomino.(2013). *Enfermedades de la civilización por el mercurio de la amalgama*, Recuperado de [http://www.geschichteinchronologie.ch/med/Mutter\\_amalgama-enfermedades-de-la-civilizacion-ESP.html](http://www.geschichteinchronologie.ch/med/Mutter_amalgama-enfermedades-de-la-civilizacion-ESP.html)

Univ Odontol. J. Mutis Martha (2011) 30(65): 63-70. ISSN 0120-4319, Amalgama, salud pública y ambiental

Bicardí Vives P (2010) El mercurio en las amalgamas dentales, *QEI*,(No.591), 34-36

Rodríguez J.A. (2005) *Análisis comparativo de los niveles de mercurio en la sangre de individuos con y sin restauraciones en amalgamas*, Facultad de odontología, Santo Tomás.

## **Un sistema de inventario modelado como un proceso de decisión de Markov**

Eymard Hernández, Maira Madriz , Guadalupe Gaytán y Gabriel Zacarías

E. Hernández, M. Madriz , G. Gaytán y G. Zacarías  
Tecnológico de Estudios Superiores del Oriente del Estado de México  
Departamento de Matemáticas, UAM- Iztapalapa

M. Ramos., V.Aguilera., (eds.).Ciencias Naturales y Exactas, Handbook -©ECORFAN- Valle de Santiago, Guanajuato, 2014.

## Abstract

This paper is related to inventories systems with stochastic demand in discrete time and finite horizon. One way to control the system is through the production sequence, with the main goal of reduce the costs. The Markov Decision processes theory allows using the dynamic programming technique to control inventory system.

## 4 Introducción

El presente trabajo está vinculado con sistemas de inventarios estocásticos, a tiempo discreto y con horizonte finito. Un sistema de inventario tiene la siguiente interpretación: en un tiempo determinado se observa el nivel de producción o stock y dependiendo de este se produce (u ordena) cierta cantidad para suplir la demanda en el periodo la cual se supone es estocástica. Esto producirá un nuevo nivel de stock en el siguiente periodo. Todo esto generará costos durante el horizonte de producción ya sean de almacenamiento, producción y penalidades por demandas no suplidas. Una forma de controlar al sistema es mediante la cantidad producida u ordenada para reducir sus costos.

Por otro lado, la teoría de procesos de decisión de Markov (PDMs) permite modelar perfectamente a los sistemas de inventarios. Los PDMs son aquellos procesos que son observados de forma periódica, bajo incertidumbre en sus movimientos y tienen una gran variedad de aplicaciones. En particular, este trabajo se enfoca en el estudio de un sistema de inventario (véase [4] y [5]). Un proceso de decisión de Markov está constituido mediante un modelo conocido como modelo de control de Markov (MCM), cuyas componentes permiten caracterizar su desarrollo en el transcurso del tiempo. El tránsito del sistema puede ser influenciado por medio de la aplicación de acciones en cada periodo de tiempo. A la sucesión de acciones se le conoce como política y, una forma de evaluar su calidad es mediante, un criterio de rendimiento o función objetivo. El problema de control óptimo (PCO) consiste en determinar una política que optimice al criterio de rendimiento.

Una forma de resolver el PCO es mediante la técnica de programación dinámica (PD) iniciada por Richard Bellman a mediados de los años 50's (véase [1]). El método de PD consiste en llevar al PCO a otro equivalente, el cual está dado por medio de una ecuación funcional. Dicha ecuación permite determinar a la política óptima. El objetivo de este trabajo consiste en demostrar que es posible hacer uso de PD para un sistema de inventario estocástico. La metodología es la teoría de PDMs.

### 4.1 Procesos de decisión de Markov

Un Modelo de Control de Markov (MCM), estacionario, a tiempo discreto, consiste de una quintupla:

$(X, A, \{A(x) | x \in X\}, Q, r)$ , donde  $X$  y  $A$  son espacios de Borel, llamados espacio de estados y espacio de acciones (o controles), respectivamente.  $\{A(x) | x \in X\}$  es una familia de subconjuntos medibles y no vacíos  $A(x)$  de  $A$ , donde  $A(x)$  denota al conjunto de acciones admisibles al correspondiente estado  $x \in X$ .

El conjunto  $K$  de parejas de estado acción admisibles está definido por  $K := \{ (x, a) | x \in X, a \in A(x) \}$ ,  $Q(\cdot | \cdot)$  es la ley de transición definida en  $X$  dado  $K$ , y  $c : K \rightarrow R$  es una función medible llamada la función de costo.

La dinámica que describe a este sistema estocástico actúa de la siguiente manera: si el sistema al tiempo  $t$  se encuentra en el estado  $x_t = x \in X$ , y la acción  $a_t = a \in A(x)$  es aplicada, entonces ocurren dos cosas:

- se recibe una recompensa  $r(x, a)$ ; y
- el sistema transita a un nuevo estado  $x_{t+1}$  mediante la ley de transición

Una vez hecha esta transición a un nuevo estado, se elige una nueva acción y la dinámica anteriormente descrita se repite.

Una política es una sucesión  $\pi = \{\pi_t\}$  de kernels estocásticos, donde cada  $\pi_t$  está definido sobre  $A$  dada su correspondiente historia. El conjunto de todas las políticas es denotado por  $\Pi$ .

Una clase particular de políticas son las que están caracterizadas por sucesiones del siguiente conjunto  $F := \{f : X \rightarrow A \mid f \text{ es medible y para cada } x \in X, f(x) \in A(x)\}$ , cuyos elementos de  $F$  se les conoce como selectores. Una política  $\pi \in \Pi$  descrita por elementos de  $F$  se le conoce como política determinista.

Sea  $(\Omega, \mathcal{G})$  un espacio medible que consiste del espacio muestral canónico  $\Omega := (X \times A)^\infty$  y  $\mathcal{G}$  su correspondiente  $\sigma$ -álgebra producto.

Sean  $\pi \in \Pi$  una política arbitraria y  $x_0 = x \in X$ . Entonces por el teorema de Ionescu-Tulcea (véase [3]), existe una única medida de probabilidad  $P_\pi$  sobre  $(\Omega, \mathcal{G})$ . El proceso estocástico  $((\Omega, \mathcal{G}, P_\pi), \{x_t\})$  es llamado proceso de decisión de Markov (PDM). La esperanza con respecto a  $P_\pi$  es denotada por  $E_\pi$ .

Una manera de evaluar la calidad de una política es por medio de un criterio de rendimiento. En este trabajo se considera el costo total descontado, definido para cada  $\pi \in \Pi$  y cada  $x \in X$  como  $J_\pi(x) := \sum_{t=0}^{\infty} \alpha^t c(x_t, a_t)$  con  $\alpha \in (0, 1)$ . A  $\alpha$  se le conoce como factor de descuento y a  $N$  como el horizonte del problema, el cual se supone es finito.

**Definición** Una política  $\pi^* \in \Pi$  es óptima, si para cada  $x \in X$ ,  $v(\pi^*, x) = \inf_{\pi \in \Pi} v(\pi, x)$ . La función definida para  $x \in X$   $V(x) := \inf_{\pi \in \Pi} v(\pi, x)$  es llamada función de valor óptimo.

**El problema de control óptimo consiste en determinar una política óptima.**

### Programación dinámica

En la literatura existente se encuentra una herramienta esencial para resolver el problema de control óptimo, conocida como programación dinámica (PD) (véase [1], [2] y [3]).

Considere un MCM fijo. La siguiente condición sobre el MCM permite aplicar la técnica de PD, (ver Teorema 2.3, [3]). La Condición 2.2 utiliza los conceptos de infcompacidad y emplea las propiedades débil y fuerte de un kernel estocástico, estos conceptos corresponden a las definiciones 6.1 y 6.2 del apéndice, respectivamente.

### Condición

- La función de costo  $c$  es continua, acotada inferiormente e infcompacta sobre  $K$ .
- La ley de transición  $Q$  es débilmente continua o fuertemente continua.

## 4.2 Sistema de inventario

Considere un modelo de inventario de alguna producción en el cual la variable  $x_t$  es el nivel de stock al principio del período  $t$ , donde  $(t = 0, 1, 2, \dots, N)$ . La variable de acción  $a_t$  es la cantidad pedida (u ordenada) e inmediatamente proporcionada al principio del período, mientras que, la variable de perturbación (o ruido)  $\xi_t$  es la demanda durante ese período. En este caso, el nivel de stock en el siguiente período de tiempo está dada por la siguiente ecuación en diferencias

$$x_{t+1} = x_t + a_t - \xi_t, \quad (4)$$

para  $t = 0, 1, 2, \dots, N$ , con  $x_0 = x$ .

Al finalizar el período, se debe pagar un costo determinado por

$$c(x_t, a_t, \xi_t) = ba + h \max\{0, x_{t+1}\} + p \max\{0, -x_{t+1}\}, \quad (3) \text{ para } t = 0, 1, 2, \dots, N, \text{ donde:}$$

- \*  $b$  es el costo de producción por unidad.
- \*  $h$  es el costo por unidad de exceso del inventario (de almacenaje).
- \*  $p$  es el costo por unidad de demanda sin entregar (no suplida). Además,  $b$ ,  $h$  y  $p$  son constantes no negativas, con  $p \geq b$ .

El objetivo principal es minimizar el costo esperado descontado de operación, es decir, minimizar el valor esperado de  $\sum_{t=0}^{N-1} \alpha^t c(x_t, a_t, \xi_t)$ .

## 4.3 Identificación del sistema de inventario como un PDM

El planteamiento del modelo de inventario propone considerar al espacio de estados  $X = \mathbb{R}$ , al espacio de acciones y al conjunto de acciones admisible como

$A = A(x) = [0, \infty)$ , y la ley de transición  $Q$  está inducida por la ecuación.

Se supone que  $\{\xi_t\}$  son variables aleatorias independientes e idénticamente distribuidas con valores en  $S = [0, \infty)$ , con función de distribución  $\mu$ , la cual tiene densidad continua  $\Delta$ , y además  $\xi$  tienen esperanza finita.

Obsérvese que el costo determinado en la ecuación (3) depende, además del estado y acción, de la demanda aleatoria, es decir,

$$c(x, a, \xi) = ba + h \max\{0, x + a - \xi\} + p \max\{0, \xi - x - a\} \quad (4.1)$$

Sin embargo, si se considera para cada  $(x, a) \in K$

$$cr(x, a) = E(c(x_t, a_t, \xi_t) | x_t = x, a_t = a) = \int c(x, a, s) \mu(ds) = \int c(x, a, s) \Delta(s) ds,$$

donde  $E$  denota la esperanza de  $\xi$ . Entonces  $cr$  resulta ser la función de costo para el MCM.

Finalmente, el objetivo es minimizar al criterio de rendimiento con  $\pi \in \Pi$  y  $x \in X$ .

$$v(\pi, x) := E \sum_{t=0}^{N-1} \alpha^t c(x_t, a_t, \xi_t),$$

$t=0$

Lema 4.1. Bajo las suposiciones antes mencionadas sobre el sistema de inventario se satisface la Condición 2.2.

Demostración. Es obvio que la función de costo  $cr$  está acotada inferiormente.

Para mostrar que  $cr$  es continua en  $K$ , consideramos a

$$W(x, a) := hE[\max\{0, x + a - \xi\}] + pE[\max\{0, \xi - x - a\}], \quad (4.2)$$

es una función continua en  $K$ .

Sean  $\{x_n\}$  y  $\{a_n\}$  sucesiones en  $X$  y  $A$ , respectivamente, tales que,  $x_n \rightarrow x_r$  y  $a_n \rightarrow a_r$ . Definiendo a  $g_n$  y  $g$  como

$$g_n(s) := |x_n + a_n - s| \Delta(s), \quad g(s) := |x_r + a_r - s| \Delta(s). \quad (4.3)$$

Se tiene que  $g_n(s) \rightarrow g(s)$  para cada  $s \in S$ . Asimismo, sucede que

$$\begin{aligned} g_n(s) &\leq (|x_n| + |a_n| + s)\Delta(s) \\ &\leq (M + s)\Delta(s) =: f(s), \end{aligned} \quad (4.4)$$

donde  $M$  es la cota  $|x_n| + |a_n|$ . De manera que,

$$(M + s)\Delta(s)ds = M + E(\xi) < +\infty. \quad (4.5)$$

En consecuencia,  $f$  es integrable y por el Teorema de la Convergencia Dominada, se concluye que  $w$  es continua.

Por otra parte, se afirma que  $cr$  es inf-compacta sobre  $K$ . En efecto, sean  $x \in X$ ,  $\lambda \in \mathbb{R}$  y considere al conjunto

$$A\lambda(x) := \{ a \in A(x) \mid cr(x, a) \leq \lambda \} \quad (4.6)$$

Nótese que  $A\lambda(x)$  es acotado, de lo contrario, existe una sucesión  $\{a_n\}$  sucesión

$$\text{en } A\lambda(x), \quad \text{implicando que } \lim_{n \rightarrow \infty} cr(x, a_n) = \infty,$$

y dada la continuidad de  $cr$  se obtiene que  $\infty \leq \lambda$ , lo que es una contradicción. Por otro lado, si  $\{a_n\}$  es una sucesión en  $A\lambda(x)$ , tal que  $a_n \rightarrow a \in A$ , y

#### 4.4 Conclusiones

En general, la técnica de programación dinámica, sirve como herramienta para resolver el problema de control óptimo. Para el modelo de inventario estocástico presentado, esta técnica permite determinar no sólo a la política óptima, sino también al valor óptimo de una forma recursiva. Como trabajo a futuro se pretende utilizar simulación numérica para su aproximación.

#### 4.5 Agradecimientos

Tecnológico de Estudios Superiores del Oriente del Estado de México. Paraje San Isidro s/n Barrio de Tecamachalco, La Paz C.P.56400, Tel. ( 55 ) 59863497 ext. 101.

#### 4.6 Referencias

Bellman R., (1957). Dynamic Programming, Princeton University Press, Princeton.

Bertsekas D. P., (1987). Dynamic Programming: Deterministic and Stochastic Models, Prentice-Hall, Belmont.

Hernández-Lerma O. and Lasserre J. B., (1996). Discrete-Time Markov Control Processes: Basic Optimality Criteria, Springer-Verlag, New York.

Love S.F., (1979). Inventory Control Theory, Mc. Graw-Hill.

Porteus E. L., (1990). Stochastic inventory theory, in Handbooks in OR & MS, Vol. 2, Eds. D. P. Heyman, M. J. Sobel, Elsevier Science Publishing B. V., North Holland.

Sundaram R. K., (1997). A First Course in Optimization Theory, Cambridge University Press.

## **Variación de la emisión de fotoluminiscencia de puntos cuánticos de inas con tratamiento térmico**

L. D. Cruz, J. L. Casas y T. V. Torchynska

L. D. Cruz, J. L. Casas y T. V. Torchynska  
Tecnológico de Estudios Superiores del Estado de México  
ESFM-Instituto Politécnico Nacional, D.F  
ttorch85@yahoo.com.mx

M. Ramos., V.Aguilera., (eds.).Ciencias Naturales y Exactas, Handbook -©ECORFAN- Valle de Santiago, Guanajuato, 2014.

## Abstract

The photoluminescence (PL) and its temperature dependence have been studied in MBE grown InAs quantum dots (QDs) embedded in  $\text{Al}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{As}/\text{In}_{0.15}\text{Ga}_{0.85}\text{As}/\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{In}_z\text{As}$  quantum wells (QWs) with two capping layers ( $\text{Al}_{0.40}\text{Ga}_{0.45}\text{In}_{0.15}\text{As}$  or GaAs) and after the thermal annealing. Temperature dependences of PL peak positions in QDs have been analyzed in the range of 10-400K and compared with the temperature shrinkage of the band gap in the bulk InAs crystal. This permits to investigate the efficiency of the Ga/In interdiffusion processes in dependence on the capping layer compositions and thermal annealing. Experimental and fitting parameters obtained for InAs QDs have been compared with known ones for the bulk InAs crystal. It is revealed that the efficiency of the Ga/In interdiffusion depends essentially on the capping layer compositions. It is also shown the fast thermal decay of the integrated PL intensity in the structure with the GaAs capping layer in comparison with other one with AlGaInAs capping. To confirm the change in the material composition due to interdiffusion Ga/In in the quantum dots of InAs,

## 5 Introducción

Durante los últimos 20 años, los puntos cuánticos de cero dimensiones (0D) o sistemas con un confinamiento cuántico en tres direcciones ha sido de gran interés tanto en la física fundamental como en aplicaciones de dispositivos tales como: fotodiodos emisores de luz, celdas solares y dispositivos de almacenamiento masivos [1-3]. Para desarrollar dispositivos emisores de luz eficientes que operen a temperatura ambiente es necesario entender la dependencia de la temperatura de los puntos cuánticos (QDs) y estudiar las razones de la variación de la fotoluminiscencia (PL) con la temperatura. La intensidad de la PL decae en los QDs de InAs, como una regla, atribuida al escape térmico de excitones desde los QDs hacia la capa de mojado (WL) o hacia la barrera de GaAs [4-8] o a la captura térmica de excitones por defectos no radiativos (NR) o en la interfase de GaAs/InAs [5,8]. Esto muestra experimentalmente que la razón principal para decaimiento térmico en la PL de las estructuras de QDs relacionadas al escape térmico de excitones o correlaciones del par electrón-hueco de los QDs [8-10].

En estructuras de QD se introdujo una capa intermedia adicional de  $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{In}_z\text{As}$  en los pozos cuánticos (QWs) de InGaAs/GaAs con lo cual se espera incrementar la altura de la barrera de potencial para evitar el escape térmico de excitones desde los puntos cuánticos hacia la capa barrera y permita sus aplicaciones mencionadas anteriormente en estructuras de QDs a altas temperaturas. El mismo efecto se puede lograr introduciendo capas intermedias de pozos cuánticos de  $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{In}_z\text{As}$  en pozos de InGaAs/GaAs. Ya que se sabe que los láseres de QD fabricados con AlGaInAs muestran un buen desempeño a altas temperaturas debido al incremento de la banda prohibida [11,12].

Se ha demostrado que los dispositivos de diodo laser de mayor rendimiento son los de QDs en comparación con los láseres de QWs, éstos son más confiables, mas reproducibles y manipulables durante la formación de QDs autoensamblados es esencial para mejorar sus propiedades de dimensión cero. Se podría obtener una mejora en el entendimiento de operación y diseño de QDs de InAs embebidos en QWs de InGaAs/AlGaInAs del estudio de la variación de PL con la temperatura.

Las estructuras de QDs mencionadas han sido mejoradas debido a una mejor calidad de los cristales de las capas de QW y debido a la captura de excitones sobre los QWs y QDs [4].

También se introdujeron adicionalmente en estructuras de QD las siguientes capas a los pozos cuánticos  $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$  en  $\text{InGaAs}/\text{GaAs}$  con lo que se espera incrementar las alturas de la barrera del potencial para evitar el escape térmico de excitones desde los QDs hacia la barrera y permitir la aplicación de estas estructuras a temperaturas elevadas. Para mejorar y entender las propiedades de diseño y operación de los QDs de InAs embebidos en pozos de  $\text{InGaAs}/\text{AlGaInAs}$  se podrían obtener estudios de cómo es la variación del espectro de FL con el recocido térmico.

## 5.1 Materiales y métodos

Los materiales investigados en el presente trabajo son nanoestructuras constituidas por semiconductores de los grupos III-V con estructura blanda de zinc.

Heteroepitaxial es el crecimiento de un material orientado sobre un sustrato de material distinto. Normalmente el material que se deposita y el sustrato tienen estructuras cristalinas y constantes de red parecidas.

Los QDs autoensamblados en heteroestructuras de semiconductor son de gran interés debido a sus niveles de energía discretos semejantes al átomo, buenas propiedades ópticas y las aplicaciones en dispositivos tales como el láser de QDs. Los láseres de QDs exhiben propiedades muy superiores a los láseres basados en pozos cuánticos, tales como la reducción de la sensibilidad a la temperatura [13].

Estos QDs tienen un espectro de energía discreto que puede ser excitada por una simple inyección de portadores sobre una estructura, usados en diodos láser que operan con densidades de corriente de umbral más bajas en comparación con otros láseres a temperatura ambiente [14]. La mayor parte de los semiconductores de los grupos III-V, como el GaAs y el InAs cristalizan en la estructura blanda de zinc.

## 5.2 Puntos cuánticos

Un punto cuántico (QD) es un semiconductor donde los excitones se encuentran confinados en las tres dimensiones espaciales. Como resultado, tienen propiedades que se encuentran entre las de semiconductores en bulto y los de moléculas discretas.

## 5.3 Crecimiento epitaxia por haces moleculares (MBE)

Consiste en hacer incidir haces moleculares ionizados sobre un blanco (material a depositar) del cual se desprenden átomos que van a depositarse al sustrato. La deposición tiene lugar en forma de monocapas sucesivas.

La epitaxia por haces moleculares (Molecular Beam Epitaxy, MBE), es actualmente la técnica más empleada para el crecimiento de puntos cuánticos. En ella, se hacen converger sobre el sustrato haces de átomos de los materiales correspondientes, permitiendo la deposición de las capas atómicas una a una. Este proceso permite el crecimiento más puro, con un control exhaustivo de la composición química de la película. La MBE debe ser realizada en una cámara de alto vacío. A cambio, presenta la ventaja de poder cerrar el flujo de cualquiera de las componentes de manera rápida. El crecimiento se denomina homoepitaxial cuando la película y el sustrato son del mismo material, y heteroepitaxial cuando son de materiales diferentes.

Las técnicas de crecimiento heteroepitaxial antes descritas pueden dar lugar a puntos cuánticos autoensamblados si los parámetros físicos son los apropiados, según el modo de crecimiento de Volmer-Weber o Stranski-Krastanov. Los principales problemas a la hora de emplear estos puntos cuánticos en aplicaciones consisten en la no uniformidad de sus tamaños, distribución y geometrías.

#### 5.4 Fotoluminiscencia

La fotoluminiscencia consiste en la radiación emitida por un sólido cristalino o amorfo o por una nanoestructura como una consecuencia de la excitación óptica; en particular esta deriva del proceso de recombinación radiativo del par hueco electrón fotoexcitado. La amplia difusión de esta técnica en el campo de nanoestructuras semiconductoras está motivada por el hecho de que esta permite obtener información general de las propiedades optoelectrónicas lo cual es de particular interés en la calidad de las nanoestructuras. El estudio del espectro de FL depende de parámetros externos, como por ejemplo, la temperatura, la energía y la intensidad de excitación nos ayuda a obtener esta información.

#### 5.5 Estructuras

Las heteroestructuras consisten de al menos dos materiales diferentes. La geometría de las interfaces entre los dos materiales podría ser muy complicada. El caso más simple es la superficie planar, es decir, sistemas por capas. Una unión metal-semiconductor es generalmente una heteroestructura. Sin embargo, vamos a utilizar el término que fundamentalmente se usa para estructuras de varios semiconductores diferentes. La mayoría de las heteroestructuras aquí utilizadas son epitaxiales, es decir, fabricadas por la epitaxia sucesiva de varias capas sobre el sustrato.

Se utilizó una fuente sólida con la técnica epitaxia de haces moleculares (MBE) en un reactor V80H para crecer las estructuras que consisten de una capa de QDs autoensamblados de InAs embebidos en un pozo cuántico de In<sub>0.15</sub>Ga<sub>0.85</sub>As de 9 nm. Una capa colchón de In<sub>0.15</sub>Ga<sub>0.85</sub>As con un espesor de 1 nm, el cual fue crecido sobre una capa de Al<sub>0.30</sub>Ga<sub>0.70</sub>As de 300 nm y con una capa colchón (200 nm) sobre un sustrato de 2 pulgadas de GaAs (100). Una capa de recubrimiento de 2.5 monocapas (ML) de QDs de InAs fue confinada por una primera capa de In<sub>0.15</sub>Ga<sub>0.85</sub>As (8nm) y por una segunda capa de Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>In<sub>z</sub>As de 100nm (con x=y=0 para una estructura y con x=0.40, y=0.45, z=0.15 para la segunda estructura) y por las capas de AlAs de 10 nm y por la capa de GaAs de 2 nm (figura 3.1). Los puntos cuánticos de InAs están recubiertos por una primera capa de InGaAs y por una segunda capa de AlGaInAs o GaAs.

Las estructuras de QD investigadas se crecieron a una temperatura de 510oC durante la deposición de la región activa de InAs y la capa InGaAs. La densidad superficial de los QDs es de  $4 \times 10^{10} \text{cm}^{-2}$  que se estimó previamente por estudios de microscopia de fuerza atómica (AFM).

Las estructuras se colocaron en un criostato de ciclo cerrado de He, donde se varió la temperatura de medición en un rango de 10 a 500 K, los espectros de FL se midieron con un láser de argón de onda continua de 488 nm y una densidad de potencia de excitación de 500 W/cm<sup>2</sup>.

Se investigaron dos grupos de estructuras de QDs con diferente composición en la segunda capa de recubrimiento Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>In<sub>z</sub>As (100nm). En el primer grupo **#1** contiene Al<sub>0.40</sub>Ga<sub>0.45</sub>In<sub>0.15</sub>As conformado por tres estructuras, la primera sin tratamiento térmico (**#1A**) y las otras dos sometidas a un tratamiento de 640 (**#1B**) y 710 °C (**#1C**) durante dos horas y el segundo grupo **#2** contiene en la capa de recubrimiento GaAs conformado también por tres estructuras, la primera sin tratamiento térmico (**#2A**) y las siguientes dos sometidas a un tratamiento de 640 (**#2B**) y 710 °C (**#2C**).

## 5.6 Resultados

Se estudió la emisión de FL y su dependencia con la temperatura de puntos cuánticos autoensamblados de InAs en dependencia de la composición de la capa de recubrimiento de Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>In<sub>z</sub>As y sometidos a tratamiento térmico. Se investigaron dos capas de recubrimiento (Al<sub>0.40</sub>Ga<sub>0.45</sub>In<sub>0.15</sub>As y GaAs) y se compararon sus parámetros de FL.

Ambas estructuras fueron sometidas a tratamiento térmico de 640 °C y 710 °C durante 2 horas. Esto mostró que el recocido térmico produce un desplazamiento de la posición del pico de FL hacia altas energías y los valores de estos desplazamientos dependen de la composición de las capas que cubren a los QDs.

## 5.7 Discusión.

Para analizar la interdifusión de Ga/In de los QDs de InAs se estudiaron los espectros de FL a diferentes temperaturas en las estructuras sin tratamiento térmico y después con tratamiento térmico. En los espectros de FL se puede ver que la posición del pico de FL se desplaza hacia bajas energías con el incremento de la temperatura disminuyendo el valor de la banda prohibida de energía al aumentar la temperatura. Generalmente debido a la dilatación de la red y a la interacción electrón-red lo cual sigue la siguiente relación de Varshni  $E(T)=E_0-aT^2/(T+b)$ , [15].

## 5.6 Conclusiones.

El estudio comparativo de los espectros de FL en la estructura #1 y #2 muestra que la estructura #1A con AlGaInAs en la capa de recubrimiento se caracterizó por una intensidad de FL más alta, una baja dispersión en el tamaño de los QDs y un ancho medio menor, así como un desplazamiento de la posición del pico de FL hacia bajas energías en comparación con la estructura #2A la cual contiene GaAs en la capa de recubrimiento.

El estudio de los espectros de FL de las estructuras #1 y #2 con tratamiento térmico a 640 y 710 °C durante dos horas muestran que la composición del material de los QDs cambia más en las estructuras #2 comparada con las estructuras #1 debido a un mayor proceso de intermezclado de In/Ga en la estructuras #2. Esta conclusión se confirma por la estimación de la composición del material de los QDs obtenida usando el ajuste de Varshni los cuales muestran que los parámetros de ajuste de las estructuras #1 que están más cerca de los parámetros de material del InAs en bulto en comparación con los parámetros de las estructuras #2.

Finalmente una aportación importante que este trabajo establece es que las estructuras con una capa barrera compuesta por aluminio (Al<sub>0.40</sub>Ga<sub>0.45</sub>In<sub>0.15</sub>As) evitan el escape térmico de excitones en una mayor proporción, y además se logra obtener una emisión de fotoluminiscencia a temperaturas más altas del orden de 500 °C con emisión en 1.3 μm. Esta nueva estructura con aluminio tiene un mejor desempeño a altas temperaturas debido a una banda prohibida mayor en la capa barrera.

## 5.7 Agradecimientos.

Tecnológico de Estudios Superiores de Oriente del Estado de México.

## 5.8 Referencias

- Bimberg D., Grundman M, Ledentsov N. N. (2001). Quantum Dot Heterostructures, Ed. Wiley & Sons 328.
- Stintz A., Liu G. T., Gray L., Spillers R., Delgado S. M., Malloy K. J, J. (2000). Sci. Technol. B., , 18(3), 1496.
- Torchynska T. V., Casas Espínola J. L., Velazquez Losada E., Eliseev P. G., Stintz A., Malloy K. J., Peña Sierra R. (2003). Surface Science 532, 848.
- Kapteyn C. M. A., Lion M., Heitz R., Bimberg D., Brunkov P. N., Volovik B. V., Konnikov S. G., Kovsh A. R., and Ustinov V. M. (2000). Appl. Phys. Lett. 76, 1573.
- Duarte C. A., da Silva E. C. F., Quivy A. A., da Silva M. J., Martini S., Leite J. R., Meneses E. A. and Lauretto E. (2003), Appl. Phys., 93, 6279.
- Meng X. Q., Xu B., Jin P., Ye X. L., Zhang Z. Y., Li C.M., Wang Z.G. (2002). Journal of Crystal Growth 243, 432.
- Seravalli. L., Frigeri P., Minelli M., Allegri P., Avanzini V., Franchi S. (2005). J. Appl. Phys. Lett. 87, 063101.
- Torchynska T., (2008). J. Appl. Phys., 104, 074315, n.7.
- Torchynska T.V., Stintz A., (2010). J. Appl. Phys. 108, 2, 024316.
- Torchynska T. V., Casas Espinola J. L., Borkovska L. V., Ostapenko S., Dybic M., Polupan O., orsunka N. O., Stintz A., Eliseev P. G., Malloy K. J. (2007). J. Appl. Phys., 101, 024323.
- Zah. C.E., Bhat R., Pathak B.N., Favire F., Lin F., W. and Wang M.C. (1994). IEEE J. Quantum Electron., 30(2), 511–523.
- Takemasa K., Kubota M., Munakata T., and Wada H. (1999). IEEE Photon. Technol. Lett., 11(8), 949-951.
- Arakawa Y. and Sasaki H., (1982). Appl. Phys. Lett. 40, 939
- Liu. G. T., Stintz A., Li H., Malloy K. J., and Lester L. F. (1999). Electron. Lett. 35, 1163.
- Varshni Y.P. (1967). Physica (Utrecht) 34 149.
- The Ioffe Institute is one of Russia's. <http://www.ioffe.ru/SVA/NSM/Semicond/index.html>.
- Dybiec M., Borkovska L., Ostapenko S., Torchynska T.V., Casas Espinola J. L., Stintz A. and Malloy K. J., (2006). Applid Surface Science, 252, 5542-5545.

## **Análisis de crecimiento de higuera (*ricinus communis* L.) En clima seco y función del nitrógeno**

Jesús Campos, Ernesto Díaz, Israel Orlando, Juan Loeza y Cándido Bravo

J. Campos, E. Díaz, I. Orando, J. Loeza y C. Bravo  
Universidad de la Cañada. Cuerpo académico Energías Sustentables en Zonas Áridas (CA-ESZA). Carretera Teotitlán-San Antonio Km 1.7 s/n, Paraje Titlacuatitla, C.P. 68540, Teotitlán de Flores Magón, Oaxaca, México.  
campos@unca.edu.mx.

M. Ramos., V.Aguilera., (eds.).Ciencias Naturales y Exactas, Handbook -©ECORFAN- Valle de Santiago, Guanajuato, 2014.

## Abstract

The castor oil plants (*Ricinus communis* L.) represent an opportunity to harvest solar energy through photosynthesis to produce new renewable and sustainable sources. This crop can be an important source for the generation of low-cost biofuels, because its seeds are rich in fatty acids and their large size, can be obtained as it is a biogas plant that has a high point of photosaturation, what increasing the biological performance (biomass) and would be a suitable substrate for the generation of methane. So the aim of this study was to evaluate the effect of nitrogen on growth, yield and agronomic spurge biological under dry weather conditions. In this study we observed the affect of nitrogen positively on agronomic performance, harvest index, biomass and the number of leaves and number of branches. The dose of  $60 \text{ kg N ha}^{-1}$ , produces the optimal crop yields without applying more of this nutrient. So the castor oil plants can be grown under drought conditions, making it an alternative for obtaining materials that can be used for the extraction of biofuels.

## 6 Introducción

El ricino o higuierilla es una planta originaria del continente africano, donde crece en climas desde tropicales hasta semidesérticos por poseer una gran plasticidad fenotípica, así mismo, esto provoca que tenga una gran rusticidad y adaptabilidad a los diferentes climas. Por muchos años se ha utilizado para la extracción de un aceite secante, el cual sirve para elaborar barnices, pinturas, cosméticos, lubricantes para motores y síntesis de biodiesel (Persson *et al.* 2009; Samayoa, 2007), pero en la actualidad ha caído en desuso debido a la explotación de combustibles fósiles, los cuales son utilizados para la síntesis de los productos antes mencionados, quedando rezagando así el cultivo del ricino.

Respecto al análisis de crecimiento, este es una técnica cuantitativa que se basa en modelos matemáticos para explicar el comportamiento y crecimiento de una especie vegetal, cuando ésta es sometida a un tratamiento determinado, generalmente se utilizan parámetros como: tasa de crecimiento absoluto, tasa de crecimiento relativo y tasa de asimilación neta (Santos *et al.* 2010).

Por otro lado el nitrógeno, es un macroelemento, necesario para el crecimiento y desarrollo de los cultivos, el cual interviene en la síntesis de proteínas y aminoácidos, necesarios para la conformación del protoplasma celular. Este elemento a nivel de cultivo afecta la asignación de biomasa seca, el área foliar y por consecuencia el rendimiento agronómico (Améndola *et al.* 2011), por tal motivo cuando este falta, todo el crecimiento vegetativo se ve interrumpido y, en muchos casos la planta no llega a completar su ciclo (Serna *et al.* 2011). Al respecto, Zamora *et al.* (2011), quienes trabajaron con seis accesiones de tártago (*Ricinus communis* L.), encontraron que las seis accesiones en estudio respondieron de manera positiva a la ausencia de nitrógeno  $0 \text{ kg ha}^{-1}$ , y reportan que la accesión criollo falcón de porte alto, presento los valores más altos en peso de frutos, número de racimos y altura de planta con  $64.89 \text{ g}$ ,  $5.50$  racimos y  $101.25 \text{ cm}$  respectivamente.

Por su parte Camacho *et al.* (2008), mencionan que el rendimiento de semilla de ricino sembrado bajo condiciones de selva tropical fue de  $1135 \text{ kg ha}^{-1}$ , al aplicar  $50 \text{ kg ha}^{-1}$  de N. por tal motivo el objetivo del presente estudio fue: realizar un análisis de crecimiento en el cultivo de tártago bajo seis niveles de nitrógeno cuando es sembrado en clima seco.

Así la hipótesis planteada fue: el nitrógeno afecta el crecimiento y rendimiento agronómico y biológico del tártago bajo condiciones de clima seco.

## 6.1 Materiales y métodos

El presente estudio se llevó a cabo en Teotitlán de Flores Magón ubicado a 18°08' latitud norte, 97°05' longitud oeste y 888 msnm, bajo un clima Bs<sub>1</sub>eg que corresponde a un clima seco con temperatura media anual mayor a 18°C y menor a 27°C, precipitación mayor a 200 mm y menor a 600 mm, cuya distribución de lluvias es de Junio a Septiembre, una oscilación de la temperatura mayor a 7°C y menor a 14°C y el mes más cálido se presenta antes del solsticio de verano que para la zona ocurre en Abril (García, 2005). El germoplasma utilizado fue obtenido de accesiones de (*Ricinus communis* L.) colectadas en la población de San Antonio Nanahuatipam Oaxaca, municipio de Teotitlán de Flores Magón a 18°07' latitud norte, 97°04' longitud oeste y 795 msnm, las cuales fueron sembradas en bolsas de polietileno negro de 4 kg de capacidad, que contenía suelo de la zona (lлуvisol) mezclado con hojarasca a una proporción 2:1 (v/v), con un pH de 7.8 y un contenido de nitrógeno 4.3 mg kg<sup>-1</sup>, las plantas fueron colocadas bajo un arreglo topológico de 0.50 x 0.50 x 0.80 dando un total de 2,500 plantas por hectárea. El diseño experimental fue completamente aleatorizado siguiendo el siguiente modelo:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \varepsilon_{ij} \quad (6)$$

Donde:

$Y_{ij}$ ; es la variable respuesta de la i-ésimo nivel de nitrógeno en la j-ésima repetición.

$\mu$ ; es la media general verdadera.

$T_i$ ; es el efecto del i-ésimo tratamiento de nitrógeno.

$\varepsilon_{ij}$ ; es el error experimental del i-ésimo nivel de nitrógeno en la j-ésima repetición.

Los tratamientos fueron seis niveles de nitrógeno 0, 20, 40, 60, 80 y 100 kg ha<sup>-1</sup> de N. la formula de fertilización se completó con 50 kg ha<sup>-1</sup> de fósforo y 20 kg ha<sup>-1</sup> de potasio. Las fuentes de los nutrimentos anteriores fueron urea (46% N), superfosfato de calcio triple (46% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) y cloruro de potasio (60% K<sub>2</sub>O). La unidad experimental se constituyó por una bolsa de polietileno más el sustrato y la planta de ricino. Para realizar el análisis de crecimiento, se realizaron muestreos destructivos a los 30, 60, 90 y 120 días después de la siembra. Las variables respuesta fueron: biomasa seca de la parte aérea, la cual se determinó separando tallo, hojas y pericarpio, para someterlas a secado en una estufa de aire forzado a 70°C hasta alcanzar el peso constante, tasa de crecimiento absoluto TCA utilizando la ecuación

$$TCA = \left( \frac{PS_2 - PS_1}{T_2 - T_1} \right) \quad (6.1)$$

Donde:

PS<sub>2</sub> y PS<sub>1</sub>, son los pesos secos de la planta en los tiempos.

T<sub>2</sub> y T<sub>1</sub> respectivamente, altura de planta midiendo esta desde la base del cuello de la planta hasta la parte apical de la misma con ayuda de un estadal.

El número de hojas contando el total de nomófilos por planta, número de frutos por planta contando el número de frutos verdaderos que contenían semillas antes de la dehiscencia, rendimiento agronómico pesando el total de semilla producida por planta, con ayuda de una balanza analítica y expresando el resultado en g planta, de igual modo se determinó la eficiencia agronómica del nitrógeno (EAN) utilizando la expresión:

$$EAN = \frac{RA_{CN} - RA_{SN}}{N_A} \quad (6.2)$$

Donde:

EAN; eficiencia agronómica del nitrógeno (Kg de semilla por Kg de N aplicado m<sup>-2</sup>).

RA<sub>CN</sub>; rendimiento agronómico con aplicación de nitrógeno.

RA<sub>SN</sub>; rendimiento agronómico sin nitrógeno.

N<sub>A</sub>; nitrógeno aplicado.

Para determinar la cantidad de nitrógeno aplicado por planta, se dividió el total de nitrógeno aplicado por hectárea entre la densidad de población por hectárea, dando así la cantidad de nitrógeno por planta (Díaz et al. 2004). Con la finalidad de tener un mejor control del experimento, se determinaron las temperaturas máximas, mínimas así como la precipitación que ocurrió durante el experimento, con la estación meteorológica automatizada Ventage pro2.

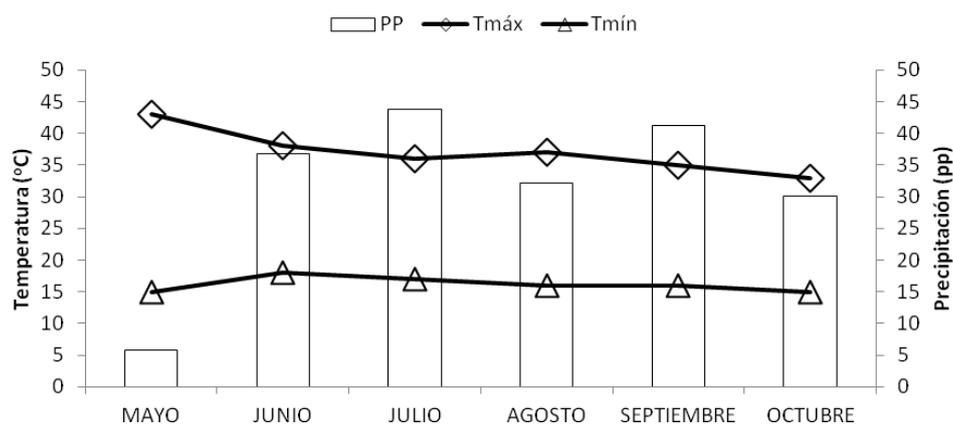
A las variables respuesta que resulten significativas, se les aplicará la prueba de comparación de promedios de Tukey a un nivel de significancia del 5 %.

## 6.2 Resultados y discusión

En la Figura 6, se presentan las temperaturas máximas, mínimas así como la precipitación que se presentó durante el experimento, y se puede apreciar que la temperatura máxima osciló entre los 35 y 43 °C, mientras que la mínima entre los 12 y 15 °C.

Respecto a la precipitación, esta fue de 189 mm durante el ciclo de cultivo presentándose la máxima en los meses de Junio-Agosto, coincidiendo así con el periodo vegetativo, cabe mencionar que bajo estas condiciones ambientales el cultivo se desarrolló de manera adecuada, respondiendo de manera positiva a las condiciones ecológicas de la zona de estudio.

**Figura 6** Temperatura máxima, mínima y precipitación en, Teotitlán de Flores Magón, Oaxaca México durante el ciclo Mayo-Octubre de 2013



En la tabla 6, se observan los resultados del análisis de crecimiento para seis variables respuesta y se puede apreciar que hubo diferencias significativas entre tratamientos para todas las variables en estudio, así el mayor número de hojas y número de frutos se presentaron en el rango de fertilización de 60 a 120 kg ha<sup>-1</sup> de N, mientras que la mayor altura de planta y biomasa se presentaron desde 40 a 120 kg ha<sup>-1</sup> de N.

Respecto al rendimiento agronómico el mayor fue para 60, 80 y 100 kg ha<sup>-1</sup> de N con 68.3, 70.2 y 71.3 g planta<sup>-1</sup> respectivamente, en relación a la dosis alta 100 kg ha<sup>-1</sup> de N. Se observó una disminución en el rendimiento respecto a las dosis anteriores de fertilización, resultando estadísticamente igual con las dosis bajas 10 y 20 kg ha<sup>-1</sup> de N con 60.5, 60.5 y 63.1 g planta<sup>-1</sup> superando solo al testigo quien solo arrojó un valor de 57.1 g planta<sup>-1</sup>, esto nos hace suponer que dosis superiores a 100 kg ha<sup>-1</sup> de N, tienen un efecto antagónico para el rendimiento de semilla. Para el índice de cosecha, los datos presentaron una tendencia similar al rendimiento agronómico, ya que el IC es una consecuencia directa del rendimiento agronómico, resultando así estadísticamente iguales las dosis de N del rango 60 a 100 kg ha<sup>-1</sup> donde los mayores valores para este índice oscilaron entre 0.32 y 0.35 mientras que los menores valores fueron para las dosis bajas incluido el testigo con rangos de 0.18 a 0.21 quienes resultaron ser estadísticamente iguales.

Los datos anteriores coinciden con los reportados por Escalante et al. (2013); quienes mencionan que el nitrógeno afecta de manera positiva algunas variables como número de hojas, biomasa, rendimiento agronómico e índice de cosecha cuando este es aplicado de manera dividida en cultivos como frijol, por su parte otros autores como Morales et al. 2007.

De igual modo mencionan que el nitrógeno es un elemento limitante en la producción vegetal, principalmente influye en el rendimiento biológico y agronómico del cultivo de girasol, cuando este es sembrado bajo asociación con frijol cuando este es destinado a grano, y establecen que el índice de cosecha para grano de girasol oscila entre 0.24 y 0.25 al aplicar nitrógeno en un rango de 40 a 80 kg ha<sup>-1</sup> de N.

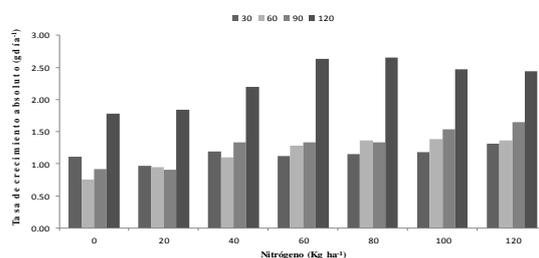
**Tabla 6** Análisis de crecimiento en higuierilla (*Ricinus communis* L.), bajo siete niveles de nitrógeno en, Teotitlán de Flores Magón, Oaxaca México durante el periodo Mayo-Octubre de 2013

Tratamiento (Kg ha-1) N	NH	NF	AP cm	Biomasa g planta <sup>-1</sup>	RA	IC
0	6.0 c¶	4.2 c	110.1 c	310.1 b	57.1 c	0.18 b
20	9.3 b	6.5 b	111.3 b	312.8 b	60.5 b	0.18 b
40	10.1 b	7.0 b	150.1 a	389.2 a	63.1 b	0.21 b
60	13.6 a	10.3 a	150.9 a	410.0 a	68.3 a	0.35 a
80	13.0 a	11.8 a	157.9 a	421.5 a	70.2 a	0.33 a
100	13.5 a	12.2 a	160.3 a	433.9 a	71.3 a	0.32 a
120	12.8 a	12.3 a	167.8 a	453.1 a	60.5 b	0.20 b
DSH	1.20*	2.1*	17.7*	43.1*	3.0*	0.30*
CV %	19.20	20.33	25.60	20.30	22.30	27.60

letras dentro de la columna con la misma literal, estadísticamente son iguales según Tukey ( $p \leq 0.05$ ). NH, número de hojas; NF, número de frutos; AP, altura de planta; RA, rendimiento agronómico; IC, índice de cosecha. DSH, diferencia significativa honesta; CV, coeficiente de variación.

En La Figura 6.1, se presentan los valores de la tasa de crecimiento absoluto de higuierilla a 30, 60, 90 y 120 días después de la siembra y se puede apreciar que la mayor tasa de crecimiento absoluto se presentó a los 120 dds, en un rango de 1.7 a 2.50 g día<sup>-1</sup>, por el contrario la menor tasa fue al inicio del experimento es decir a los 30 dds teniendo valores dentro de un intervalo de 0.9 a 1.2 g día<sup>-1</sup>. Respecto al nitrógeno aplicado, se puede decir que las dosis de 60 y 80 kg ha<sup>-1</sup> fueron quienes obtuvieron la mayor TCA a los 90 dds con 2.50 g día<sup>-1</sup> respectivamente.

**Figura 6.1** Tasa de crecimiento absoluto en higuierilla (*Ricinus communis* L.) bajo siete niveles de nitrógeno en Teotitlán de Flores Magón Oaxaca, México. Durante el periodo Mayo- Octubre 2013



Respecto a la eficiencia agronómica del nitrógeno aplicado, los datos se presentan en el Cuadro 6.1, y se puede apreciar que hubo diferencias significativas por efecto de los tratamientos, la mayor eficiencia del nitrógeno se logra obtener con la aplicación de 60 Kg ha<sup>-1</sup> de nitrógeno con 0.19 kg de semilla por kg de nitrógeno aplicado por planta, seguido de los niveles 20 y 80 kg de N ha<sup>-1</sup>, quienes solo lograron una eficiencia de 0.17 y 0.16 kg N planta<sup>-1</sup>, esto nos lleva a establecer que la mejor dosis para obtener un máximo rendimiento de semilla respecto al nitrógeno aplicado es la dosis de 60 kg ha<sup>-1</sup> de N. lo reportado en el presente estudio difiere con los datos que presentan Rico et al. (2011), quienes mencionan que el rendimiento de semilla por planta de ricino bajo las condiciones de Michoacán, es de 260 g planta<sup>-1</sup>, teniendo una EAN de 0.30 estas diferencias quizá se deban a las diferentes zonas donde se llevaron a cabo los estudios, así como el clima y la alta densidad de población bajo la cual ellos trabajaron 5000 plantas por hectárea.

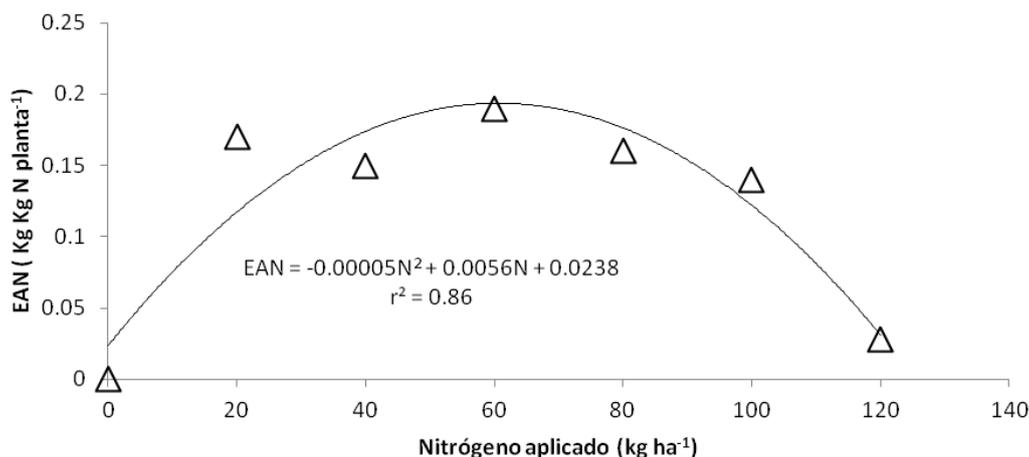
**Tabla 6.2** Eficiencia agronómica del nitrógeno aplicado en el cultivo de higuierilla (*Ricinus communis* L.) bajo siete niveles de nitrógenos en Teotitlán de Flores Magón, Oaxaca México durante el periodo Mayo- Octubre de 2013

TRATAMIENTOS	EAN (Kg semilla Kg N planta <sup>-1</sup> )
0	-----
20	0.17 b <sup>¶</sup>
40	0.15 c
60	0.19 a
80	0.16 b
100	0.14 c
120	0.02 d
DSH	0.015*
CV %	22.14

letras dentro de columnas con la misma literal, estadísticamente son iguales según Tukey ( $P \leq 0.05$ ). EAN, eficiencia agronómica del nitrógeno aplicado; DSH, diferencia significativa honesta; CV, coeficiente de variabilidad.

La Figura 6.2, muestra el comportamiento de la EAN y se aprecia que se ajusto a un modelo cuadrático con un coeficiente de determinación de 0.86 que nos demuestra que el 86 % del rendimiento agronómico es debido a la aplicación de nitrógeno, demostrando la importancia de este nutrimento para el crecimiento y rendimiento de este cultivo bajo las condiciones de Teotitlán.

**Figura 6.2** Ajuste a un modelo de segundo grado de la eficiencia agronómica del nitrógeno en función del nitrógeno aplicado en cultivo de higuerrilla (*Ricinus communis* L.) en Teotitlán de Flores Magón Oaxaca, México. Durante el periodo Mayo- Octubre 2013.



### 6.3 Conclusiones

El nitrógeno aplicado en diferentes niveles al cultivo de ricino, afectó de manera positiva el rendimiento agronómico, índice de cosecha, biomasa así como el número de hojas y número de ramas.

Así de este modo podemos afirmar que la dosis de 60 kg ha<sup>-1</sup> de N, produce los rendimientos agronómicos óptimos, sin tener que aplicar más cantidad de este nutrimento, lo que se traduciría en mayores ganancias en el cultivo. De igual modo el ricino se puede cultivar bajo las condiciones secas de la región Cañada oaxaqueña, que pertenece a teotitlán de Flores Magón, obteniendo rendimientos aceptables, bajo condiciones de sequia, convirtiéndose así en una alternativa para la obtención, de materiales que pueden utilizarse para la extracción de biocombustibles y sobre todo que pueden crecer en lugares donde otras especies no prosperarían.

### 6.4 Agradecimientos

El trabajo fue apoyado por el PROMEP a través del oficio de autorización Apoyo a Fortalecimiento de CA Oficio: PROMEP/103.5/13/7501.

### 6.5 Referencias

Améndola, M. R., Cach, G. I., Álvarez, S. E., López, C. I., Burgueño, F. J. Martínez, H. P. & Cristóbal, A. D. (2011). Balance de nitrógeno en maíz forrajero con diferente fertilización y fase de rotación con praderas. *Agrociencia*, 45: 177-193.

Camacho, V. A., Soares, S. L. & Del Águila, S. J. M. (2008). Adaptación de tecnología de fertilización en un cultivar de higuerrilla (*Ricinuscommunis* L.) introducido de Brasil para la región Ucayali en la selva del Perú. V. Congreso Brasileiro de energía y ricinoquímica.

Díaz, O. A., Escalante, E. J. A., Santos, T. A., Sánchez, G. P., Mapes, S. C. & Martínez, M. D. (2004). Rendimiento, eficiencia agronómica del nitrógeno y eficiencia en el uso del agua en amaranto en función del manejo del cultivo. *Terra Latinoamericana*, 22(1): 109-116.

Escalante, E. J. A., Rodríguez, G. M. T. & Escalante, E. Y. I. (2013). Aplicación dividida de nitrógeno, su efecto sobre la eficiencia agronómica, rendimiento y componentes en frijol. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria de México*, 1(1): 52-55.

Morales, R. E. J., Escalante, E. J. A., & López, S. J. A. (2007). Producción de biomasa y rendimiento de semilla en la asociación girasol (*Helianthusannuus* L.)-frijol (*Phaseolusvulgaris* L.) en función del nitrógeno y fósforo. *Ciencia ergo sum.*, 14(2): 177-183.

Persson, T., García, A., Paz, J., Jones, J. & Hoogen, G. (2009). Maize ethanol feedstock productions and net energy value affected by climate variability and crop management practices. *Agricultural systems*, 100(1-3): 11-21.

Rico, P. H., Tapia, V. L., Teniente, O. R., González, A. A., Hernández, M., Solís, B. J. & Zamarripa, C. A. (2011). Guía para cultivar higuierilla (*Ricinuscommunis* L.) en Michoacán. Boletín Técnico 1. INIFAP. 42 pp.

Samayoa, M. (2007). Manual técnico de higuierilla. Programa agroindustrial del centro nacional de tecnología agropecuaria y forestal, CENTA. Ministerio de agricultura y ganadería. El Salvador C. A. pp. 11-13.

Santos, C. M., Segura, A. M. & Nústes, L. C. (2010). Análisis de crecimiento y fuente demanda de cuatro variedades de papa (*Solanumtuberosum* L.) en el municipio de Zipaquirá (Cundinamarca, Colombia). *Revista de la facultad nacionalagronómica de Medellín*, 63(1): 5253-5266.

Serna, L. C., Trujillo, C. L. A. & Urrea, G. R. (2011). Respuesta del maíz (*Zeamays* L.) a la aplicación edáfica de K-P-K en unandisol de la región centro-occidente de caldas. *Agron.*, 17(1): 68-76.

Zamora, F., Durán, N., Medina, M., Torres, D., Acosta, Y., Moreno, R., Silvestre, A., Sánchez, A. & Zamora, F. (2011). Comportamientoagronómico de cultivares de tártago (*Ricinuscommunis* L.) en el sector de Cuabana, municipio de Falcón, estado Falcón, Venezuela. *Multiciencias*. 11(2): 129-135.

## **Análisis de los microsatélites ac y ctt del gen g6pd en muestras de individuos g6pd deficientes del noroeste de México**

Noemí García, Fred Luque, Veronica Picos, Enrique Romo y Eliakym Arámbula

N. García, F. Luque, V. Picos, E. Romo y E. Arámbula

Universidad Politecnica De Sinaloa, Ingeniería en Biotecnología, Carretera Municipal Libre Mazatlán Higuera Km 3, 82199 Mazatlan, Sinaloa, México.

Universidad Autonoma de Sinaloa, Culiacan, Sinaloa, México, Laboratorio de Genética y Biología Molecular Ciudad Universitaria SN, Ciudad Universitaria, 80040 Culiacán Rosales, Sinaloa, México.

ngarcia@upsin.edu.mx

M. Ramos., V.Aguilera., (eds.).Ciencias Naturales y Exactas, Handbook -©ECORFAN- Valle de Santiago, Guanajuato, 2014.

## Abstract

Deficiency of Glucose-6-phosphate dehydrogenase (G6PD) is the most common enzymopathy. It is estimated to affect over 330 million people worldwide, more frequently observed in Africa, Europe, Southeast Asia and Latin America. Epidemiologic Studies in Mexico estimate a prevalence of 0.95%. The most common variants that cause deficiency include G6PD A-202A/376G, G6PD A-376G/968C and G6PD-376G/542T. We have also identified five new variants (G6PD San Luis Potosí376T, G6PD Zacatecas770T, G6PD Veracruz1094A, G6PD Yucatán1285G and G6PD Mexico DF193G). Studies in this gene have identified three highly polymorphic microsatellite repeats (CA), (AT) and (CTT) which are in linkage disequilibrium. Microsatellites are widely used as molecular markers in genetic studies because they are codominates, multiallelic and highly reproducible. The aim of this study was to identify and CTT AC microsatellites in individuals positive for G6PD deficiency originating from the north-northwest of Mexico region. Samples were included in this study correspond to a total of 27 DNA samples from individuals deficient DNA samples and 50 randomly selected individuals with negative screening. Were amplified by PCR and CTT AC G6PD gene microsatellite were separated by size using polyacrylamide gels at 10%, the results were examined using the Arlequin v3.5 software, showing variations in G6PD deficient individuals G6PD A-202A / 376G, G6PD A-376G/968C and G6PD Santamaría376G/542T relate to the most common variants of Sub-Saharan Africa. The new variant G6PD Mexico DF193A> G was not observed in any other region so you can think you have a different origin.

## 7 Introducción

La deficiencia de glucosa-6-fosfatodeshidrogenasa (G6PD) es la enzimopatía eritrocitaria más común de todos los defectos enzimáticos heredables y clínicamente significativos (Mason, Bautista, & Gilsanz, 2007). Se correlaciona geográficamente con áreas habitadas por poblaciones históricamente expuestas a la malaria incluyendo: África, Europa, Asia Sur-Oriental y América Latina. Se estima que afecta a más de 330 millones de personas en el mundo (Nkhoma, Poole, Vannappagari, Hall, & Beutler, 2009).

La G6PD es una enzima citoplásmica que cataliza la primera reacción de la vía pentosa fosfato; esta reacción provee poder reductor a la célula en forma de NADPH (Celik, Gunbey, Unal, Gumruk, & Yurdakok, 2013). En el eritrocito la principal función del NADPH consiste en mantener los niveles adecuados de glutatión en estado reducido (GSH), además de que es un componente estructural de la enzima catalasa. A su vez, el GSH y la catalasa participan en la detoxificación del peróxido de hidrógeno ( $H_2O_2$ ). Así pues, la defensa de las células contra el  $H_2O_2$  depende de la enzima G6PD principalmente en los eritrocitos (Cappellini & Fiorelli, 2008).

Por lo tanto, una deficiencia en la enzima puede ocasionar manifestaciones como: Anemia Hemolítica No Esferocítica Crónica (AHNEC) y anemia hemolítica aguda (AHA) inducida por drogas. La consecuencia clínica más severa es la hiperbilirrubinemia neonatal la que puede conducir a kernicterus (infiltración de bilirrubina al cerebro) o aún a la muerte (de Gurrola et al., 2008).

En México, varios estudios epidemiológicos de nuestro grupo de investigación permitieron definir la frecuencia de la deficiencia de G6PD en mestizos de los estados de Nayarit (1.26%), Veracruz (1.17%), Guerrero (1.03%), Yucatán (0.80%), Sinaloa (0.78%), San Luis Potosí (0.59%), Coahuila- Durango (0.52%), Tamaulipas (0.52%), Colima (0%); para la zona nor-noroeste de México; Baja California (0.45%), Baja California Sur (0.42%), Sonora (0.51%), y Chihuahua (2.4%), así como en varios grupos indígenas (0.57%) (Vaca, Arambula, & Esparza, 2002).

El genoma humano contiene una gran cantidad de repeticiones no codificantes. Los microsatélites conocidos como Repeticiones de Secuencia Simple (SRR) o Repeticiones Cortas en Tándem (STR), se pueden clasificar en dos formas: a) estructural según los tipos de secuencia de repeticiones en perfectos, imperfectos e interrumpidos ó compuestos y en b) raros ó comunes (Oliveira, Pádua, Zucchi, Vencovsky, & Vieira, 2006). Los SRR son pequeñas secuencias de ADN cuyo tamaño va desde uno hasta seis pares de bases que se repite de manera consecutiva, compensando el 3% del genoma humano, la variación en el número de repeticiones crea diferentes alelos permitiendo el análisis de éstas secuencias o la determinación de la longitud de las mismas generando datos de polimorfismos, los cuales son muy populares ya que proporcionan ideas sobre demografía de la población, sus estructuras genéticas y ayudan a la comprensión de las causas de la diversidad intraespecífica (Subramanian, Mishra, & Singh, 2003).

Para reconstruir la historia de la evolución de las mutaciones en el gen G6PD, se han estudiado tres repeticiones de microsatélites altamente polimórficos siendo estos AT, AC y CTT con 10, 26, y 8 alelos que van desde 164 hasta 188 pb, 125 a 179 pb y de 195 a 216 pb respectivamente en la región 19 kb río abajo del gen G6PD (Tishkoff et al., 2001; Vaca, 2007). Los microsatélites se encuentran en desequilibrio de ligamiento con varias mutaciones en secuencias codificantes y polimorfismos silenciosos, por estos motivos son particularmente útiles para estimar la edad de los alelos.

Aunque se ha demostrado que la mayoría de las mutaciones causantes de la deficiencia tienen un origen recurrente, es necesario realizar análisis en otras regiones del gen que se encuentran en desequilibrio de ligamiento.

## **7.1 Materiales y métodos**

### **Materiales**

Se utilizó ADN de individuos provenientes del Nor- noroeste de México clasificándolo en tres grupos.

Grupos A. Individuos provenientes de los estados de Chihuahua, Sonora, Baja California Norte y Sur con deficiencia enzimática de G6P y previa identificación de la variante de G6PD y sus haplotipos correspondientes.

Grupo B. Muestras de individuos deficientes de G6PD provenientes de la ciudad de México remitidos al laboratorio de Genética y Biología Molecular de la FCQB.

### **Métodos**

Se amplificaron las secuencias relevantes para el análisis de microsatélites AC y CTT del gen G6PD mediante la técnica de Reacción en Cadena de la Polimerasa (PCR, "Polymerase Chain Reaction"), se utilizaron las secuencias de iniciadores de un estudio previamente realizado para el análisis de dichos microsatélites (Tishkoff et al., 2001).

Para ver la amplificación del producto, se corrieron en geles de agarosa a 2.0% (anexo 11.6.2) con GelRED al 0.15X, para hacer visible los amplicones, 5 µl del producto de reacción y 2 µl de marcador de peso molecular de 100pb, a 100 volts por 1 hora con buffer TBE 1X. Finalmente se visualizaron en un transiluminador a la máxima intensidad y se tomó una imagen con una cámara fotográfica.

## 7.2 Resultados y discusión

Se analizaron un total de 77 muestras de ADN, 27 muestras pertenecientes a individuos deficientes de G6PD y 50 muestras utilizadas como controles de las cuales se verificó su integridad observándose un producto íntegro representado por una sola banda compacta en la parte superior del gel. Mediante condiciones específicas, se amplificaron por PCR los microsatélites AC y CTT. Para el microsatélite AC en muestras deficientes de G6PD se encontraron 3 alelos diferentes: AC-166 pb, AC-168 pb y AC-170 pb, en controles se identificaron 4 alelos distintos: AC-166 pb, AC-168 pb, AC-170 pb, AC-162 pb .

Para el microsatélite CTT en individuos deficientes de G6PD se encontraron 3 alelos diferentes: CTT-195 pb, CTT-204 pb, CTT-210 pb, en controles se identificaron 2 alelos CTT-201 pb, CTT-204 pb.

El alelo más frecuente para el microsatélite AC fue AC-166 y el alelo para la nueva variante G6PD A193A>G AC-170 se observó también en muestras de controles, para el microsatélite CTT el alelo más frecuente en deficientes fue CTT-195 pb y en los controles CTT- 201 pb.

En las variantes deficientes se identificaron 6 haplotipos diferentes (cuadro 1) donde se incluyeron los microsatélites AC/CTT y los polimorfismos silenciosos Pvu-II, Pst-I, Bcl-I, Nla-III para su análisis.

Para la variante deficiente G6PD A-202A/376G se detectaron dos haplotipos diferentes asociados con los polimorfismos silenciosos y los microsatélites AC/CTT +/+/-/+ 166 pb/195 pb y +/+/-/+ 168 pb/195 pb, para G6PD Santamaría376G/542T se detectó un haplotipo de -/+/-/+ 166 pb/204 pb, las tres variantes concuerdan con los resultados encontrados en el sur del país de México realizado por Vaca en el 2007 (Vaca, 2007).

En las tres muestras con mutación desconocida se logró identificar el haplotipo -/-/+/- 168 pb/195 pb y la nueva variante G6PD A193A>G presentó el haplotipo +/++/+ 170 pb/210 pb haplotipo no observado en ninguna otra región, lo contrario a los microsatélites de la variantes deficientes G6PD A-202A/376G, G6PD Santamaría376G/542T, G6PD A-376G/968C registrados en África Sub-Sahariana.

**Tabla 7** Haplotipos de muestras deficientes de G6PD

Haplotipo	Frecuencia	Total	E-4	E-5	E-6	E-9	E-4	I-5	E-10	E-11	I-11	Microsatélite pb	
			202 A NlaII	376 G FokI	542T BspE	968 C NciI	193 A *	611 G PvuI	1116 G PstI	1311 T BclI	93C NlaII	AC	CTT
0			I		I			I			I		
1	0.74	20	+	+	-	-	-	+	+	-	+	166	195
2	0.04	1	+	+	-	-	-	+	+	-	+	168	195
3	0.04	1	-	+	+	-	-	-	+	-	+	166	204
4	0.11	3	-	-	-	-	-	-	+	-	-	168	195
5	0.04	1	-	+	-	+	-	-	+	-	+	166	204
6	0.04	1	-	-	-	-	+	+	+	+	+	170	210
		Total =											
		27											

E: exón; \*: no se utilizó enzima; 1 y 2: variante G6PD A202A/376G; 3: G6PD A376G/542T; 4: variante sin identificar; 5: G6PD A-376G/968C; 6: G6PD193>G

En los controles encontramos 7 haplotipos diferentes (cuadro 2), seis de los cuales son positivos para Pst-I (-/+/-/-), los diferentes haplotipos varían en el tamaño de sus microsatélites AC/CTT, con las combinaciones 166 pb/201 pb, 168 pb/201 pb, 168 pb/204 pb, 170 pb/201 pb, 166 pb/204 pb y 162 pb/201 pb. El último haplotipo presentó la distribución +/-/-/- 162/204 pb. La variabilidad en los haplotipos era la esperada, debido a la heterogeneidad genética en los individuos de nuestra población de estudio, los alelos concuerdan con los reportados por Vaca en el 2007. En dos muestras G6PD B encontramos el alelo AC-170 pb como en la nueva variante G6PD A193A>G.

**Tabla 7.1** Cuadro Haplotipos de controles

Haplotipo	Frecuencia	Total	E-4	E-5	E-6	E-9	E-4	I-5	E-10	E-11	I-11	Microsatélite pb	
			202 A NlaII	376 G FokI	542T BspE	968 C NciI	19 3	611 G PvuI	1116 G PstI	1311 T BclI	93C NlaII	AC	CTT
1	0.60	30	-	-	-	-	-	-	+	-	-	166	201
2	0.20	10	-	-	-	-	-	-	+	-	-	168	201
3	0.08	4	-	-	-	-	-	-	+	-	-	168	204
4	0.04	2	-	-	-	-	-	-	+	-	-	170	201
5	0.02	1	-	-	-	-	-	+	+	-	-	162	204
6	0.04	2	-	-	-	-	-	-	+	-	-	166	204
7	0.02	1	-	-	-	-	-	-	+	-	-	162	201
		Total =											
		50											

E: exón; \*: no se utilizó enzima; 1-7: G6PD B

### 7.3 Conclusiones

Los microsatélites AC y CTT del gen G6PD en muestras de individuos G6PD deficientes del Nor-Noroeste de México y las variantes G6PD A-202A/376G, G6PD A376G/542T y G6PD A-376G/968C, se relacionan con los microsatélites de las variantes más comunes del África Sub-Saharan.

La nueva variante G6PD A193A>G generó un alelo AC/CTT 170/210 pb no observado en ninguna otra región, lo que apoya el origen de la nueva variante en México. Los resultados apoyan la hipótesis de que las variantes deficientes de G6PD A-202A/376G, G6PD A376G/542T y G6PD A-376G/968C muy probablemente se originaron a partir de la G6PD A376G con los haplotipos compuestos +/-/-/+ AC-166, CTT-201 pb, +/-/-/+ AC-166, CTT-204 pb respectivamente, sugiriendo un origen único para cada variante.

### 7.4 Agradecimientos

El trabajo fue apoyado por PROFAPI- UAS .

## 7.5 Referencias

- Cappellini, M. D., & Fiorelli, G. (2008). Glucose-6-phosphate dehydrogenase deficiency. *Lancet*, 371(9606), 64-74. doi: 10.1016/s0140-6736(08)60073-2
- Celik, H. T., Gunbey, C., Unal, S., Gumruk, F., & Yurdakok, M. (2013). Glucose-6-phosphate dehydrogenase deficiency in neonatal hyperbilirubinaemia: Hacettepe experience. *J Paediatr Child Health*, 49(5), 399-402. doi: 10.1111/jpc.12193
- de Gurrola, G. C., Arauz, J. J., Duran, E., Aguilar-Medina, M., Ramos-Payan, R., Garcia-Magallanes, N., . . . Meraz, E. A. (2008). Kernicterus by glucose-6-phosphate dehydrogenase deficiency: a case report and review of the literature. *J Med Case Rep*, 2, 146. doi: 10.1186/1752-1947-2-146
- Mason, P. J., Bautista, J. M., & Gilsanz, F. (2007). G6PD deficiency: the genotype-phenotype association. *Blood Rev*, 21(5), 267-283. doi: 10.1016/j.blre.2007.05.002
- Nkhoma, E. T., Poole, C., Vannappagari, V., Hall, S. A., & Beutler, E. (2009). The global prevalence of glucose-6-phosphate dehydrogenase deficiency: a systematic review and meta-analysis. *Blood Cells Mol Dis*, 42(3), 267-278. doi: 10.1016/j.bcmd.2008.12.005
- Oliveira, E. J., Pádua, J. G., Zucchi, M. I., Vencovsky, R., & Vieira, M. L. C. (2006). Origin, evolution and genome distribution of microsatellites. *Genetics and Molecular Biology*, 29, 294-307.
- Subramanian, S., Mishra, R. K., & Singh, L. (2003). Genome-wide analysis of microsatellite repeats in humans: their abundance and density in specific genomic regions. *Genome Biol*, 4(2), R13.
- Tishkoff, S. A., Varkonyi, R., Cahinhinan, N., Abbes, S., Argyropoulos, G., Destro-Bisol, G., . . . Clark, A. G. (2001). Haplotype diversity and linkage disequilibrium at human G6PD: recent origin of alleles that confer malarial resistance. *Science*, 293(5529), 455-462. doi: 10.1126/science.1061573
- Vaca, G. (2007). G6PD (AC)<sub>n</sub> and (CTT)<sub>n</sub> microsatellites in Mexican Mestizos with common G6PD African variants. *Blood Cells Mol Dis*, 38(3), 238-241. doi: 10.1016/j.bcmd.2006.11.005
- Vaca, G., Arambula, E., & Esparza, A. (2002). Molecular heterogeneity of glucose-6-phosphate dehydrogenase deficiency in Mexico: overall results of a 7-year project. *Blood Cells Mol Dis*, 28(3), 436-444.

## **Aproximación estadística a la calidad de la leche de la Región Mixteca Poblana**

Ariadna Bravo, Mayra Sánchez, Lucero Gutiérrez, Amado Navarro y Celina Rincón

A. Bravo, M. Sánchez, L. Gutiérrez, A. Navarro, C. Rincón.

Universidad Tecnológica de Izúcar de Matamoros. Prolongación Reforma 168, Barrio Santiago Mihuacán, Izúcar de Matamoros, Puebla, 74420, México.

ariadna\_bravo\_4@yahoo.com.mx

M. Ramos., V.Aguilera., (eds.).Ciencias Naturales y Exactas, Handbook -©ECORFAN- Valle de Santiago, Guanajuato, 2014.

## Abstract

Aiming to a preliminary study in this work the results of bovine milk quality in the Mixteca Poblana region are presented. 29 milk samples from small stakeholders of 4 municipalities (Izúcar de Matamoros, Tepeojuma, Chietla and Chiautla de Tapia) were analyzed for acidity, pH, density, fat, non-fat solids and total solids. Samples were grouped by geographical similarities. An analysis of variance with location as predictor (non-parametric Kruskal Wallis for fat, a non-normal variable), showed significant differences for pH, acidity, density and total solids ( $p < 0.05$ ). The acidity, density and total solids are positively and significantly correlated ( $p < 0.05$ ). A comparison with Mexican standards showed that the milk of Chiautla de Tapia better meets specifications (pH – 6.66, acidity – 1.86 g/L, density 1.031 g/mL, fat – 38.1 g/L, non-fat solids – 94.6 g/L y total solids – 13.27%) and the lower quality was presented by the samples belonging to Izúcar de Matamoros and Tepeojuma. A factor analysis groups the results according to the geographical region which indicates the effect of environmental conditions in the quality of the milk produced.

## 8 Introducción

La leche se define como la secreción mamaria normal de animales lecheros obtenida mediante uno o más ordeños sin ningún tipo de adición o extracción, destinada al consumo en forma de leche líquida o a elaboración ulterior (CODEX, 1999). La calidad de la leche cruda se establece con base a parámetros higiénicos, sanitarios y composicionales (Zambrano & Grass, 2008). Las características cualitativas para la comercialización de la leche dependen del tipo de cliente y el destino de venta o transformación (gran empresa o queseros artesanales), estando además en función de los requerimientos de los diferentes grupos de interés: consumidores, agentes públicos (inspección sanitaria), empresas familiares y artesanales, empresas grandes, supermercados, etc. En las condiciones actuales de globalización, la producción de leche procesada es cada vez de mayor peso en la cadena productiva de la leche, lo que impone requerimientos más estrictos a los pequeños productores (Rivera y Álvarez, 2005; Cervantes, et al., 2013).

La calidad de la leche depende de numerosos factores relacionados con la producción en la granja. Algunos de estos factores deben controlarse mediante buenas prácticas ganaderas y el cuidado de la salud y estado de los animales, otros con buenas prácticas de ordeño y sistemas de limpieza y desinfección eficaces (Early, 2000).

La calidad de la leche también se ve afectada por las variables ambientales (temperatura, humedad, insolación, radiación solar, precipitación y velocidad del viento), pues estas ejercen su acción en forma conjunta e interrelacionadas sobre la producción y composición de la leche en vacas mestizas (Echeverri & Restrepo, 2009).

Se estima que cuando la temperatura máxima supera los 25°C, el ambiente es estresante para los animales. En condiciones cálidas y de elevada humedad atmosférica se reduce la pérdida de calor por evaporación a través de la piel y del tracto respiratorio, incrementando el nivel de estrés.

La alta humedad también representa un problema sanitario ya que contribuye a la proliferación de patógenos: bacterias, hongos y ectoparásitos (Gallardo & Valtorta, 2000).

Debido a que más del 80 por ciento de la leche producida en los países en desarrollo procede de los productores a pequeña escala, la actividad lechera mejora la seguridad alimentaria y representa una fuente de empleo e ingresos para millones de familias de pequeños ganaderos.

Sin embargo, la producción lechera de los pequeños productores puede variar considerablemente según la localización geográfica, la zona agroecológica y las condiciones socioeconómicas.

Factores que determinan, en última instancia la existencia de diferencias locales en la calidad de la leche cruda, siendo sensible incluso a variaciones pequeñas en la calidad del alimento que recibe el ganado, las condiciones de vida del animal, sin mencionar prácticas de adulteración del producto. Estas diferencias, sutiles en ocasiones, pueden ser detectadas por métodos costosos, como el análisis de isótopos (Bernal et al., 2007; Krawczel y Grant, 2009; Capuano et al., 2014; Chung et al., 2014; Kälber et al., 2014).

El establecimiento de una cadena eficaz, higiénica y económica de producción láctea no es una tarea fácil en países en desarrollo, debido a factores como, el establecimiento de un sistema viable de recolección y transporte de la leche, los pequeños volúmenes de leche producida por explotación, la lejanía de los lugares de producción, la deficiente infraestructura de transporte, las deficiencias en materia de tecnología y conocimientos para la recolección y el procesamiento de la leche, la mala calidad de la leche cruda; las distancias de los lugares de producción a las unidades de procesamiento y de ahí hasta los consumidores y a las dificultades económicas para establecer instalaciones de refrigeración (FAO, 2012).

La producción de leche en México en los últimos 12 años (2000 a 2012) ha tenido un crecimiento promedio anual del 1.46%, lo que hace que en términos monetarios esta actividad sea equivalente al 20.3% del valor total del sector pecuario, siendo la tercera en importancia superando a la producción de cerdo y huevo (CANILEC, 2012). En el año 2012 México presentó una producción de 10, 880,870 miles de litros con un valor total de la producción de 56, 445,380 miles de pesos. En este mismo año en el estado de Puebla se produjeron 422,768 miles de litros de leche con un precio promedio por litro de 5.47 pesos y en el Distrito de Izúcar de Matamoros se obtuvo una producción de 1,666 miles de litros, con un precio promedio por litro de 13.15 pesos (SIAP, 2014); aunque la producción lechera en el distrito de Izúcar de Matamoros es la más baja a nivel estatal, la importancia de conocer la calidad de la leche producida en esta región, radica en que a partir de este conocimiento se pueden tomar decisiones que ayuden a la mejora del proceso de obtención de leche por parte de los pequeños productores, repercutiendo en una mayor aceptación por parte del consumidor.

Para determinar la calidad de la leche de manera cuantitativa ésta se somete a una serie de pruebas, comúnmente denominadas pruebas de plataforma, como son la prueba de alcohol, pH, densidad, humedad, acidez, y grasa, principalmente.

El objetivo del estudio fue realizar una evaluación estadística de la calidad de la leche a partir de los análisis de plataforma de muestras obtenidas de pequeños productores en la región Mixteca Poblana.

## **8.1 Materiales y Métodos**

### **Muestreo**

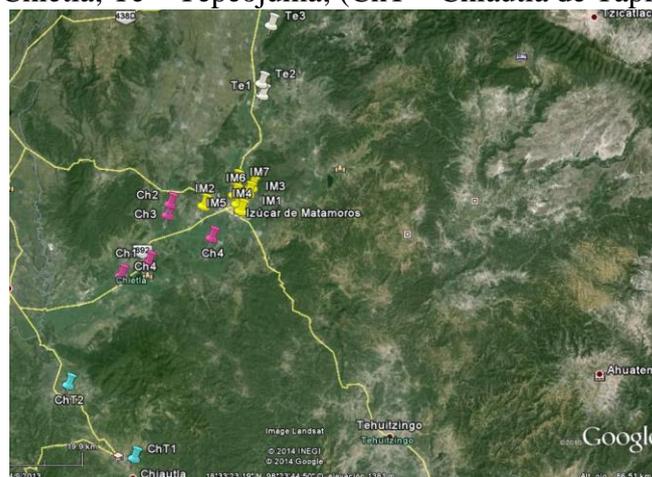
Se llevó a cabo seleccionando localidades de municipios en un radio de 60 kilómetros de la ciudad de Izúcar de Matamoros. Los municipios seleccionados para este estudio fueron: Izúcar de Matamoros, Chiautla de Tapia, Tepeojuma y Chietla. Una vez identificadas las zonas a muestrear, se procedió a visitar cada uno de los productores para obtener las muestras y realizar los análisis fisicoquímicos. Se recolectaron 29 muestras en un lapso de 3 meses (Mayo-Julio).

La ubicación de las muestras, agrupadas por aspectos geográficos más que por la división administrativa, se muestra en la figura 8.

### Toma de muestras

Las muestras de leche fueron recolectadas en recipientes de plásticos de 1 litro y transportadas en una hielera hasta la Universidad, una vez ingresadas al Laboratorio de Análisis Físicoquímicos fueron mantenidas en refrigeración hasta su análisis, éste, se realizó dentro de las 24 horas siguientes a la recolección.

**Figura 8** Localización de los puntos de colecta de muestras (IM – Izúcar de Matamoros; Ch – Chietla; Te – Tepeojuma; (ChT – Chiautla de Tapia).



### Análisis físicoquímicos

A cada una de las muestras se le determinó: acidez, densidad, grasa y sólidos no grasos de acuerdo a la NOM-155-SCFI-2003, el pH se midió mediante el método potenciométrico y los sólidos totales mediante la NOM-116-SSA1-1994.

### Análisis estadístico de los resultados

El análisis estadístico se realizó con el paquete Statistica v. 10.0 (Statsoft, USA). La normalidad de las variables se evaluó mediante las pruebas de Shapiro-Wilk, Kolgomorov-Smirnov y Lilliefors. Para variables normales las diferencias entre medias fueron evaluadas mediante análisis de varianza (ANOVA), utilizando la prueba HSD de Tukey y un valor de  $p < 0.05$  para considerarlas significativas. Para las que no mostraron normalidad se realizó un ANOVA de Kruskal-Wallis no paramétrico. Para identificar las variables relevantes en la variabilidad de las muestras, se realizó un análisis factorial, utilizando componentes principales como método de extracción y realizando una rotación varimax normalizada.

## 8.2 Resultados y discusión

### Estadística descriptiva

A continuación (Tabla) se muestra la estadística descriptiva de los resultados del análisis físicoquímico efectuado a las 29 muestras.

**Tabla 8** Estadística descriptiva de los resultados del análisis fisicoquímico de las muestras.

Municipio		Izúcar de Matamoros	Chietla	Chiautla de Tapia	Tepeojuma	Especificación
pH	Media±Std.Dev.	6.60±0.09	6.54±0.03	6.66±0.06	6.68±0.05	6.5 - 6.8 <sup>a</sup>
	Mediana	6.62	6.55	6.65	6.69	
	Mínimo	6.45	6.49	6.59	6.59	
	Máximo	6.70	6.59	6.76	6.76	
Acidez (como ác. Láctico) g/L	Media±Std.Dev.	1.49±0.15	1.60±0.13	1.86±0.18	1.37±0.18	1.3 - 1.6 <sup>b</sup>
	Mediana	1.505	1.598	1.806	1.424	
	Mínimo	1.227	1.412	1.713	1.088	
	Máximo	1.736	1.760	2.246	1.574	
Densidad g/mL a 15°	Media±Std.Dev.	1.027±0.003	1.028±0.002	1.031±0.001	1.027±0.004	1.0295 mín. <sup>b</sup>
	Mediana	1.027	1.029	1.031	1.027	
	Mínimo	1.022	1.025	1.031	1.019	
	Máximo	1.031	1.031	1.033	1.031	
Grasa g/100 mL	Media±Std.Dev.	3.61±0.84	4.11±0.90	3.81±1.25	3.63±1.00	30 g /L mín. <sup>b</sup>
	Mediana	3.50	3.58	4.00	3.13	
	Mínimo	2.75	3.50	2.00	3.00	
	Máximo	5.50	5.50	5.50	5.50	
Sólidos no grasos g/ 100 mL	Media±Std.Dev.	7.95±1.56	7.66±1.11	9.46±1.70	7.18±2.18	83 g/L mín. <sup>b</sup>
	Mediana	8.32	7.51	9.90	6.77	
	Mínimo	5.13	6.32	5.99	5.16	
	Máximo	10.07	9.66	11.05	11.01	
Sólidos totales %	Media±Std.Dev.	11.56±1.56	11.76±1.47	13.27±1.33	10.80±1.85	12 - 13 % <sup>c</sup>
	Mediana	11.86	11.28	13.15	10.75	
	Mínimo	8.63	10.70	11.49	8.41	
	Máximo	13.62	14.66	15.61	14.01	

<sup>a</sup> Negri, L. (2005); <sup>b</sup> PROY-NMX-F-700-COFOCALEC-2012; <sup>c</sup> Agudelo et al., (2005).

## pH

Los resultados obtenidos del análisis se encuentran por debajo del valor que indica una leche con problemas de mastitis (pH 6,8 a 7,5) (Negri, 2005). De acuerdo con Tornadijo *et al.*, (1998) la leche con mastitis debe descartarse para la producción de queso porque alarga el tiempo de coagulación e incluso puede impedir que se produzca.

## Acidez

Se observa que los municipios de Chiautla de Tapia (1.86±0.18 g/L) y Chietla (1.60±0.13 g/L) presentan valores de acidez mayores comparados con lo establecido en la norma PROY-NMX-F-700-COFOCALEC-2012 (1.3 a 1.6 g/L ) lo cual puede deberse a una mayor tasa de crecimiento bacteriano, ya que en promedio la temperatura ambiental en ellos es mayor en comparación a la de Izúcar de Matamoros, cuando la leche es almacenada sin refrigeración, el crecimiento bacteriano se ve favorecido y como consecuencia del metabolismo bacteriano, se presenta la acidificación de la leche (Alpina,1999).

## Densidad

De acuerdo a la norma PROY-NMX-F-700-COFOCALEC-2012 el límite mínimo establecido para la densidad es de 1.0295 g/mL, por lo tanto sólo las muestras provenientes del municipio de Chiautla de Tapia cumplen con este mínimo, al ser la densidad una medida de los sólidos que contiene la leche (Cervantes, 2004), este parámetro se relaciona con el alto contenido de sólidos no grasos que presenta la muestra. La presencia de valores bajos de densidad, puede deberse a la adición de agua (Gerber, 1994).

## Grasa

De los datos analizados se observa que las medias obtenidas en cada municipio se encuentran dentro del límite mínimo establecido por la norma, sin embargo, los valores mínimos de Izúcar de Matamoros y de Chiautla de Tapia no cumplieron el criterio, lo que se puede atribuir a que la grasa es el componente más variable en la leche y es al mismo tiempo el que más cambios sufre por efecto genético, fisiológico y nutricional (Calderón *et al.*, 2006).

La grasa es considerada la variable más importante para la industrialización de la leche (Augustin y Versteeg 2006); un porcentaje más alto de grasa, indica que la leche cruda es de alta calidad, además es una variable que incrementa el valor económico de esta (Michalski *et al.* 2006), por lo que puede decirse que la leche estudiada es de excelente calidad para la industria.

## Sólidos no grasos (SNG)

Se observa que la mayor parte de las medias de los datos obtenidos para este parámetro se encuentran por debajo del límite establecido por la norma, la cual especifica un mínimo de 83 g/L, sólo el municipio de Chiautla de Tapia cumple con este valor al obtener una media de  $9.46 \pm 1.70$ , sin embargo los valores mínimos de todos los municipios son muy bajos, lo que podría deberse a la nutrición de la vaca, pues ésta tiene un efecto importante en la composición de la leche. Los sólidos no grasos, compuestos por proteínas, lactosa y minerales, pueden variar mucho con los cambios en la dieta. Los factores específicos, reportados en la literatura, que afectan los sólidos no grasos de la leche incluyen: la nutrición, la genética, diversas patologías, la fase de lactancia y la estación del año (Bernett *et al.*, 2014).

La cantidad de sólidos no grasos decrece progresivamente con la edad del animal. Así, dentro de un ciclo de lactación, los SNG presentan una variación inversa a la curva de producción de leche, o sea, durante el primer mes los SNG son altos, disminuyendo al segundo mes cuando existe el pico de producción de leche y vuelve a aumentar al final de la lactación, a medida que la producción disminuye (De los Reyes, 2010).

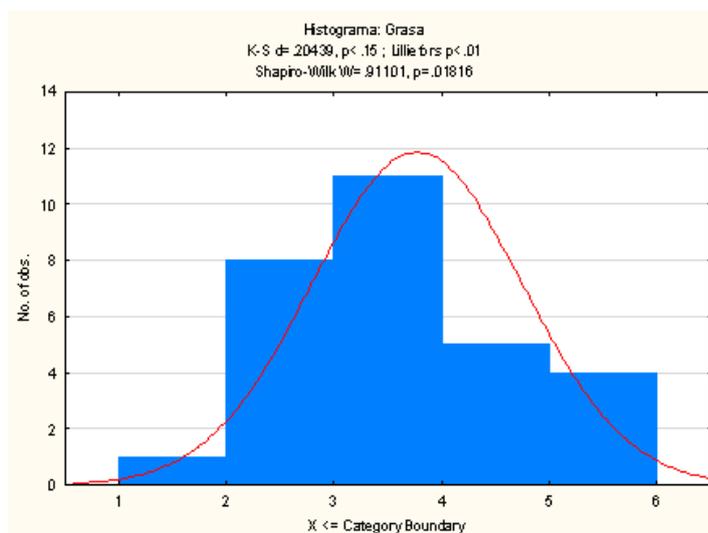
## Sólidos totales

De acuerdo con el autor Agudelo *et al.*, (2005) los sólidos totales deben estar dentro del siguiente rango (12-13%), en general los valores de sólidos totales de las muestras analizadas se encuentran debajo del límite establecido esto podría ser debido a la adición de agua, la alimentación de la vaca y el tipo de ganado; cabe destacar que el valor promedio de las muestras del municipio de Chiautla de Tapia si cumple con este rango.

## Análisis de Normalidad

Antes de realizar el análisis de varianzas se determinó la normalidad de los resultados obtenidos y las pruebas que presentaron esta característica fueron: pH, acidez, densidad, sólidos no grasos y sólidos totales. Sin embargo, los resultados de la prueba de grasa no presentaron una distribución normal, como se muestra en la figura 8.1.

**Figura 8.1** Histograma de resultados de grasa



## Análisis ANOVA

En la Tabla y Figura se presentan los resultados del análisis de varianza correspondiente a la comparación entre municipios.

**Tabla 8.1** Análisis de varianzas

Parámetro	Izúcar de Chietla	Chiautla de Tepeojuma	p
pH	6.60±0.09 <sup>a,b,c</sup>	6.66±0.06 <sup>b</sup>	0.0067
Acidez (como ácido láctico g/L)	1.49±0.15 <sup>a</sup>	1.86±0.18 <sup>c</sup>	0.00005
Densidad (g/mL a 15° C)	1.027±0.003 <sup>a</sup>	1.031±0.001 <sup>b</sup>	0.0049
Sólidos no grasos (%)	7.95±1.56 <sup>a</sup>	9.46±1.70 <sup>a</sup>	0.079
Sólidos Totales (%)	11.56±1.56 <sup>a</sup>	13.27±1.33 <sup>b</sup>	0.037

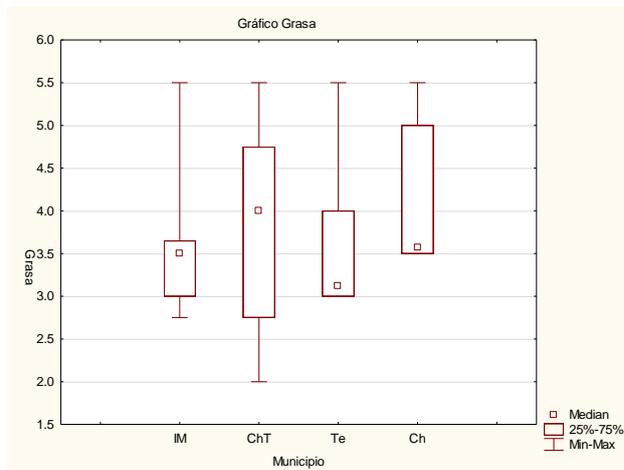
<sup>a,b,c,d</sup> =medias con distinta letra son diferentes (p < 0.05)

Los resultados de los análisis pH, acidez, densidad y sólidos totales presentaron diferencias significativas entre las muestras (p < 0.05); el municipio de Chiautla de Tapia exhibió los valores más altos para densidad y sólidos totales lo cual indica que la leche es de calidad, sin embargo, muestra un valor de acidez alto que podría atribuirse a las altas temperaturas de esa región y a las deficientes condiciones de almacenamiento de la leche antes del muestreo.

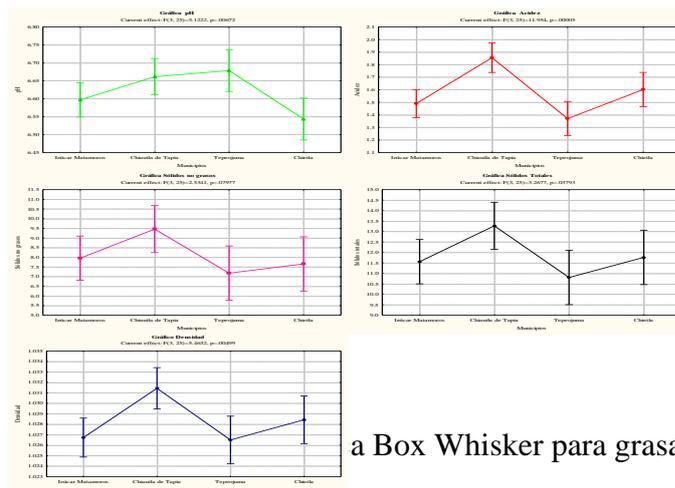
No se observó diferencia significativa para el análisis de sólidos no grasos entre los municipios analizados.

Para el análisis de datos procedentes de la determinación de grasa se realizó un ANOVA de Kruskal-Wallis no paramétrico y el resultado indica que los datos no presentan diferencia significativa.

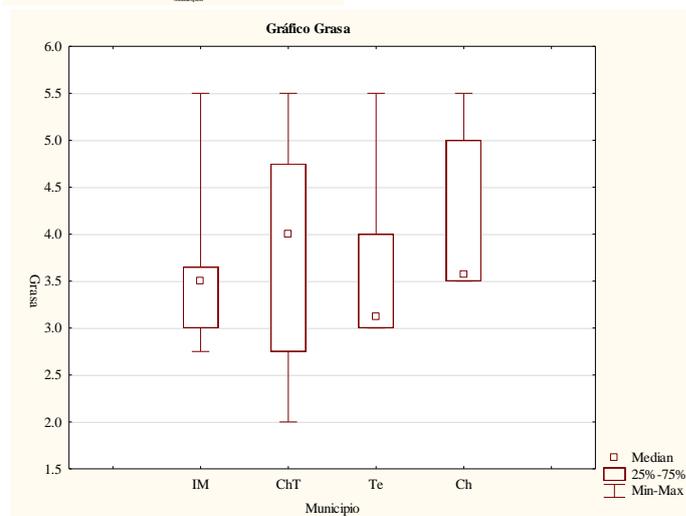
**Figura 8.2** Gráficas de medias de las muestras de leche analizadas



**Figura 8.3** Gráficas de medias de las muestras de leche analizadas



a Box Whisker para grasa



## Análisis de correlación

En la tabla 3 se muestra el análisis de correlación entre los diferentes parámetros de calidad de la leche.

**Tabla 8.2** Coeficientes de correlación entre los diferentes parámetros de calidad de la leche

Parámetros	Media	Desviación Estándar	pH	Acidez	Densidad	Grasa	Sólidos no grasos	Sólidos totales
pH	6.62034	0.083430	1.000000	-0.102563	0.217639	-	0.289887	0.134019
Acidez	1.58874	0.239284	-	1.000000	0.723759	0.298392	0.366785	0.513938
Densidad	1.02833	0.003297	0.217639	0.723759	1.000000	0.230277	0.464327	0.558900
Grasa	3.77069	0.975825	-	0.230277	0.129638	1.000000	-0.349508	0.201149
Sólidos no grasos	8.14669	1.800735	0.289887	0.366785	0.464327	-	1.000000	0.847480
Sólidos totales	11.9173	1.722372	0.134019	0.513938	0.558900	0.349508	0.847480	1.000000

Correlación significativa  $p < 0.05$

La acidez, la densidad y los sólidos totales están positiva y significativamente correlacionados ( $p < 0.05$ ).

## Análisis factorial

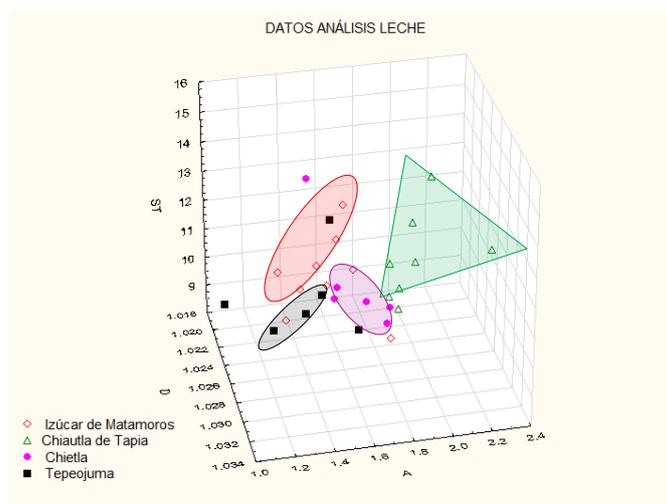
Con el análisis factorial considerando todas las variables se explica un 85.4% de la varianza, se mostró que en el primer factor se agrupan las variables de acidez, densidad y sólidos totales, responsables de un 45% de la varianza total (Tabla 4).

**Tabla 8.3** Proyecciones de las variables en los factores y porcentaje de explicación de la varianza

	Factor 1	Factor 2	Factor 3
pH	0.066047	0.221748	-0.944736
Acidez	0.770985	-0.388216	0.031808
Densidad	0.773773	-0.311252	-0.350917
Grasa	0.091610	-0.858249	0.215038
Sólidos no grasos	0.823672	0.542735	-0.094916
Sólidos totales	0.913048	0.081179	0.022597
%Explicado de la Varianza	45.3	22.2	17.9

Un análisis factorial utilizando sólo las variables del primer factor, excluyendo los sólidos no grasos por su correlación con los sólidos totales, permite explicar un 94.7 % de la varianza. Las puntuaciones factoriales de las muestras (figura 5), permite observar una agrupación de los resultados de acuerdo a la región geográfica, lo que podría indicar la influencia de las condiciones ambientales en la calidad de la leche que se produce.

**Figura 8.5** Análisis de componentes principales



### 8.3 Conclusiones

Se recolectaron 29 muestras de leche pertenecientes a cuatro municipios localizados en un radio de 60 km. de la Ciudad de Izúcar de Matamoros, a las cuales se les realizaron determinaciones de acidez, densidad, pH, sólidos no grasos, sólidos totales y grasa, de acuerdo a normatividad mexicana vigente.

La determinación de grasa no presentó una distribución normal, por ello se realizó un ANOVA de Kruskal-Wallis no paramétrico y el resultado indica que los datos no presentan diferencia significativa.

Los datos cuya distribución fue normal y presentan diferencias significativas son pH, acidez, densidad y sólidos totales ( $p < 0.05$ ).

La acidez, la densidad y los sólidos totales están positiva y significativamente correlacionados ( $p < 0.05$ ).

En general el municipio que presentó una leche de mejor calidad de acuerdo a las especificaciones de la norma es Chiantla de Tapia y las de menor calidad son las pertenecientes a los municipios de Izúcar de Matamoros y Tepeojuma cuyas muestras en la mayor parte de las determinaciones arrojaron resultados fuera de lo establecido por la norma. Con base en estos datos también se puede decir que el rendimiento de la leche para uso industrial probablemente sería bajo, debido a que contiene menos grasa, menos sólidos totales y densidad menor, indicativo de una probable adulteración con agua.

Se observó una agrupación de los resultados de acuerdo a la región geográfica, lo que podría indicar la influencia de las condiciones ambientales en la calidad de la leche que se produce.

Este estudio permitió una aproximación a la producción láctea de la región Mixteca, pues no existían antecedentes de estudios similares.

Debido al valor nutritivo y económico que representa la leche (CANILEC, 2012) y a la calidad mostrada por los resultados obtenidos, se recomienda la realización de un estudio más profundo que permita ampliar la información sobre su calidad en la región.

## 8.4 Agradecimientos

El trabajo fue realizado en las instalaciones de la Universidad Tecnológica de Izúcar de Matamoros.

## 8.5 Referencias

- Agudelo, G. A. D., Bedoya, M. O. (2005). Composición Nutricional de la leche de ganado vacuno. *Revista Lasallista de Investigación*, 2, número 001, pp. 38-42.
- Alpina S.A. (1999). Calidad bacteriológica la leche. Boletín técnico. No 48. Sopo. Dirección de Mercadeo de Leche Alpina.
- Augustin, M; Versteeg, C. (2006). Milk fat: physical, chemical and enzymatic modification. In Fox, P; McSweeney, P. eds. *Advanced Dairy Chemistry*, 2, Ed. Springer, New York, USA. p. 293-332.
- Bernett, A., Draayer, J., Dugdell, B., Lamber, JC. & Thapa, T. (2001). Informe sobre la Conferencia Electrónica de la FAO sobre acopio y procesamiento de Leche en Pequeña Escala en Países en Desarrollo. Roma. Disponible en [www.fao.org/ag/againfo/themes/documents/LPS/DAIRY/ecs/Proceedings/econf-procspanish.pdf](http://www.fao.org/ag/againfo/themes/documents/LPS/DAIRY/ecs/Proceedings/econf-procspanish.pdf). Consultado 10 junio de 2014.
- Calderón, A., García, F. & Martínez, G. (2006). Indicadores de calidad de leches crudas en diferentes regiones de Colombia. *Rev. MVZ Córdoba*, 1, pp. 725-737.
- Cámara Nacional de Industriales de la Leche (CANILEC). (2014). Producción de leche. Disponible en [http://www.canilec.org.mx/prod\\_leche.html](http://www.canilec.org.mx/prod_leche.html), consultado el 10 de junio de 2014.
- Capuano E., van der Veer G., Boerrigter-Eenlinga R., Elgersma A., Rademaker J., Steriana A., van Rutha S.M., (2014). Verification of fresh grass feeding, pasture grazing and organic farming by cows farm milk fatty acid profile. *Food Chem.* 164, 234–241.
- Cervantes, E. F. & Soltero, B. E. (2004). Escala, calidad de leche, y costos de enfriamiento y administración en termos lecheros de los Altos de Jalisco. *Técnica Pecuaria en México*, 42, pp. 207 – 218.
- Cervantes, E. F., Cesin, V. A. & Mamani, O. I. . (2013). La calidad estándar de la leche en el estado de Hidalgo, México. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 1, pp. 75-86.
- Chung I.M., Park I., Yoon J.Y., Yang Y.S., Kim S.H., (2014). Determination of organic milk authenticity using carbon and nitrogen natural isotopes. doi: 10.1016/j.foodchem.2014.01.061.
- Codex Stan. (1999) Norma general del CODEX para el uso de términos lecheros. Disponible en [www.codexalimentarius.org/input/download/standards/.../CXS\\_206s.pdf](http://www.codexalimentarius.org/input/download/standards/.../CXS_206s.pdf), consultado el 10 de junio de 2014.
- De los Reyes, G. G., Molina, S. B., Coca, V. R. (2010). Calidad de la leche cruda. Primer Foro sobre Ganadería Lechera de la Zona Alta de Veracruz.
- Early, R. (2000). Tecnología de los productos lácteos. Ed. Acribia SA de CV. Zaragoza España. pp. 1-12.
- Echeverri, Z. J., Restrepo, L. F. (2009). Efecto meteorológico sobre la producción y calidad de la leche en dos Municipios de Antioquia – Colombia. *Revista Lasallista de Investigación*, 6, pp. 50-57.

- FAO (2012). Producción y productos lácteos. Disponible en <http://www.fao.org/agriculture/dairy-gateway/produccion-lechera/es/#.U6JOfpR5OSo>, consultado el 08 de junio de 2014.
- Gallardo, M. & Valtorta, S., (2000). Estrategias para mejorar la producción de leche en verano. *Producir XXI.*, 9, pp. 23.
- Gerber, N. (1994). Tratado práctico de los análisis de la leche y del control de los productos lácteos. Gráficas ROA, España.
- Kälber T., Kreuzer M., Leiber F., (2014). Milk fatty acid composition of dairy cows fed green whole-plant buckwheat, phacelia or chicory in their vegetative and reproductive stage. *Animal Feed Science and Technology*, 193, 71–83.
- Michalski, M; Leconte, N; Briard-Bion, V; Fauquant, J; Maubois, J; Goudédranceche, H. (2006). Microfiltration of raw whole milk to select fractions with different fat globule fat size distributions: Process optimization and analysis. *Journal Dairy Science*, 89, pp. 3778-3790.
- Negri, L. M. (2005). Manual de Referencias técnicas para el logro de leche de calidad. 2º Ed., INTA.
- Peter Krawczel P., Grant R., (2009). Effects of cow comfort on milk quality, productivity and behavior. NMC Annual Meeting Proceedings, Charlotte, North Carolina, 15-24.
- Raquel Bernal Martínez L.R., Rojas Garduño M.A., Vázquez Fontes C., Espinoza Ortega A., Estrada Flores J., Castelán Ortega O.A., (2007). Determinación de la calidad fisicoquímica de la leche cruda producida en sistemas campesinos en dos regiones del Estado de México. *Veterinaria México*, 38(4), 395-407.
- Rivera Espinoza P., Álvarez Macias A., (2005). Reestructuración de la producción primaria de leche en el sur de Jalisco ante el proceso de globalización. *Revista Mexicana de Agronegocios*, IX(16), 479-489.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). SAGARPA. 2014. Cierre de la producción pecuaria anual. Disponible en <http://www.siap.gob.mx/ganaderia-produccion-anual/>, consultado el 15 de junio de 2014.
- Tornadijo, M. E., Marra, A. I., García, M. C., Prieto, B. & Caraballo, J.(1998). La calidad de leche destinada a la fabricación de queso: calidad química. *Ciencia y Tecnología Alimentaria*, 2, pp. 79 – 91.
- Zambrano, J. & Grass, J. (2008). Valoración de la calidad higiénica de la leche cruda en la asociación de productores de leche de Sotará – Asproleso, mediante las pruebas indirectas de resazurina y azul de metileno. *Facultad de Ciencias Agropecuarias*, 6, pp. 56-67.

## **Biodiversidad y su percepción en la presa San Pedro y áreas aledañas, Cuauhtémoc, Zacatecas, México**

David Enríquez, Maria Vacio y Jesus Sigala

D. Enríquez, M. Vacio y J. Sigala  
Universidad Autónoma de Zacatecas. Jardín Juárez 147, Zacatecas, México, C.P. 98000.  
davidenen@yahoo.com.mx

M. Ramos., V.Aguilera., (eds.).Ciencias Naturales y Exactas, Handbook -©ECORFAN- Valle de Santiago, Guanajuato, 2014.

## Abstract

In this work we decided to perform a study of the biodiversity of the Presa San Pedro and surrounding areas and establish the biodiversity perception that in this area have the residents of Ciudad Cuauhtémoc, in the state of Zacatecas. This study aims to be generator of hypotheses that enable effective conservation of biotic resources that engage society through an educational actions. A floristic and faunal inventory of the area was conducted and surveys were conducted with a sample of the population. 470 species belonging to 259 genera and 75 families were identified. For the case of amphibians, six species were observed, collected and identified in five families. As reptiles, 23 species were observed, collected and identified in six families. The study of birds recorded 53 species found in 26 families. In mammals, were recorded cacomixtle, coyote, opossum, raccoon, gray fox, skunk, one rodent and one bat. It was observed the appreciation by settlers of their biological wealth and social and environmental impacts associated with their use and conservation.

## 9 Introducción

A pesar de que México es un país megadiverso con una compleja historia biogeográfica, existen muchas regiones como el estado de Zacatecas, donde el conocimiento sobre la diversidad biológica esta poco desarrollado. La Presa San Pedro y área de influencia, en el municipio de Cuauhtémoc, ofrece una gran oportunidad para el estudio de la biodiversidad y percepción de su conservación a nivel regional.

El inventario de la diversidad biológica es uno de los aspectos más importantes para el establecimiento de estrategias de conservación y es la base para la generación de fases de un estudio integral. Esto propicia conocer cuál es la riqueza de biológica con la que cuenta la región y cuales especies se encuentran en riesgo. La importancia económica que reviste la presa San Pedro para la población de Ciudad Cuauhtémoc y otros poblados aledaños para el riego de cultivos y el abastecimiento de agua potable, destaca el alto valor que tiene esta cuenca hidrológica y su comunidad biológica, como componentes indisolubles de su bienestar. Esto se confirma con las encuestas preliminares que se han realizado a la población, que destacan la conciencia que tienen las personas de la necesidad de su conservación y de la importancia de la región como generadora potencial de recursos naturales.

En este sentido, nuestro cuerpo académico, que integra especialistas en fauna, flora y educación ambiental, plantea un estudio multidisciplinario donde se analizó la composición biológica florística y faunística y su relación con el entorno humano. Este estudio tiene la finalidad de ir generando hipótesis de trabajo que permitan acciones eficaces para la conservación de los recursos bióticos que involucren a la sociedad a través de un proceso educativo.

### 9.1 Métodos

**Descripción del área** El área de estudio se encuentra en el municipio de Cuauhtémoc, Zacatecas, comprendida entre los 102°24'38'' y 102°22'21'' de longitud Oeste y 22°28'07'' y 22°25'43'' de latitud Norte, con una superficie de 1628 ha, formando parte de la provincia fisiográfica de la Sierra Madre Occidental y de la subprovincia de las Sierras y Valles Zacatecanos (DETENAL, 1980a).

En esta región predomina el clima cálido seco BS1kw (DETENAL, 1980b), la temperatura media anual es de 16.4°C y la precipitación media anual de 430 mm (Medina y Ruiz, 2004). Las lluvias se presentan en el verano, por lo que el área presenta un mayor colorido a partir del mes de agosto y durante los meses de otoño.

Se reconocen cinco unidades de vegetación: bosque de Quercus, matorral de Juniperus, matorral espinoso, pastizal y vegetación riparia.

Los árboles de los bosques del área de estudio presentan en general una densidad baja, con troncos que oscilan entre 20 y 40 cm de diámetro a la altura del pecho y de manera excepcional hasta 50 cm. La cubierta herbácea es usualmente densa. No es frecuente la presencia de lianas y las epifitas son escasas.

### Inventario florístico

Elaboración del listado florístico: la recolección de material botánico se realizó en todos los meses del año con objeto de cubrir las épocas de floración y fructificación.

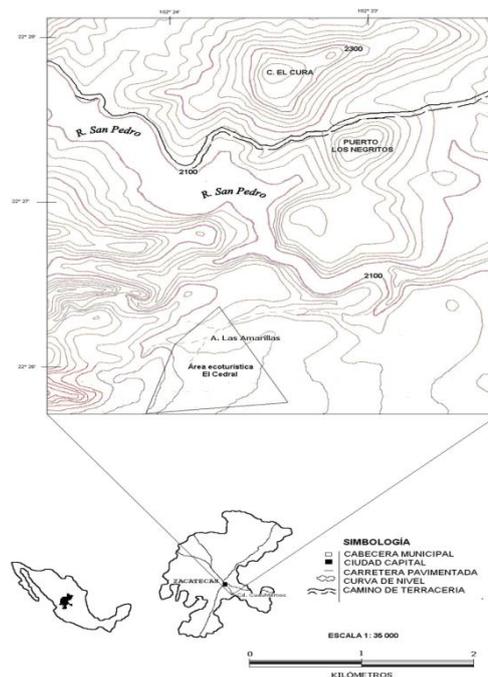
El prensado del material se hizo en campo, utilizando para ello rejillas de madera; el material se deshidrató durante 4 días para cada colecta, en una secadora con focos de 100 wats ubicada en el herbario de la Unidad Académica de Agronomía; luego se procedió a la identificación botánica mediante el uso de estereoscopios, claves taxonómicas, de monografías, revisiones de grupos botánicos y floras regionales.

La identificación se comprobó con las descripciones de cada taxón. Además, se cotejarán las muestras identificadas con especímenes de las colecciones de herbarios. Se auxilió de expertos en grupos botánicos en algunos casos.

Los ejemplares se montaron en cartulinas y se etiquetaron con los datos relacionados con el ejemplar y los del área de estudio. Los ejemplares identificados se cotejaron con los depositados en los herbarios del Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional (CIIDIR) del Instituto Politécnico Nacional, Unidad Durango; del Colegio de Postgraduados (CHAPA) y del Instituto de Biología (MEXU) de la Universidad Nacional Autónoma de México.

El primer juego de la colección quedó depositado en el Herbario de la Universidad Autónoma de Zacatecas (HUAZ) y el segundo en el Colegio de Postgraduados (CHAPA).

**Figura 9** Ubicación y relieve del área de estudio.



## **Inventario faunístico**

Para la elaboración del listado faunístico se realizaron diferentes técnicas dependiendo del grupo biológico que se trata: Para reptiles y anfibios se usaron caminatas y transectos en sitios apropiados siguiendo los lineamientos de colecta estándar a nivel mundial, procurando colectar solo lo necesario, y los ejemplares colectados fueron preparados e identificados en el laboratorio de biodiversidad, para posteriormente ser etiquetados adecuadamente y depositados en la colección científica de la Unidad Académica de Ciencias Biológicas.

Para aves se usaron transectos lineales en caminata a velocidad constante y registrando las aves cerca del transecto, realizándolas por la mañana o por la tarde, que es cuando tienen mayor actividad.

Se hizo el monitoreo en diferentes épocas del año, para tener un mejor resultado en los registros. El registro se hizo por avistamiento, identificando las especies por sus características como color y forma del plumaje, forma del pico, tamaño, cantos, forma de volar, usando binoculares. Para la identificación se utilizarán guías de campo y literatura especializada.

Para mamíferos se usaron trampas Sherman, Havahart y Tomahawk, que son específicas para la captura de mamíferos pequeños y medianos y cámaras trampa que se colocaron en sitios con posibilidades de capturar ejemplares. Las trampas se sembraron con avena, granola, vainilla y carne. También se realizaron visitas nocturnas al lugar para usar la técnica de lampareo, la cual funciona bien en ciertas épocas del año y para algunos grupos taxonómicos. Se usaron además, trampas olfativas combinadas con cámaras trampa.

## **Percepción de la biodiversidad**

Para la determinación de la percepción local sobre la biodiversidad, se estableció que la población enfoque fue de 186 personas, de acuerdo con los datos de población proporcionados por INEGI (2009), siendo 112 mujeres y 74 hombres las cuales se eligieron aleatoriamente en la ciudad de Cuauhtémoc, ya sea en sus hogares o bien se abordarán en las calles de la comunidad. En dos de los ítems del cuestionario se realizó un estudio de dominio semántico: biodiversidad y medio ambiente. El análisis de los datos se realizó con el paquete estadístico SPSS para Windows en su versión 15.0. con un análisis lineal general. La significancia estadística adoptada fue de  $p=0.05$ . Se desarrolló la prueba del instrumento, aplicación de la encuesta, llenado de base de datos, análisis estadísticos, inferencias y conclusiones y diseño de estrategias educativas y de difusión.

## **9.2 Resultados**

Para el inventario florístico se recolectaron 2165 ejemplares de plantas vasculares y se identificaron 470 especies pertenecientes a 259 géneros y 75 familias. Se identificaron 470 especies pertenecientes a 259 géneros y 75 familias.

De éstas, las más diversas son: Asteraceae (116 especies), Poaceae (54), Fabaceae (21), Cactaceae (18), Euphorbiaceae (15), Convolvulaceae (12), Cyperaceae (11), Lamiaceae (11), Adiantaceae (9), Caryophyllaceae (7), Mimosaceae (7) Rubiaceae (7) y Fagaceae (6).

Para el caso de los anfibios, seis especies fueron observadas, colectados e identificadas. Estas seis especies diferentes de ranas y sapos, se encuentran dentro del orden Anura, encontradas en cinco familias: Ranidae, Hylidae, Bufonidae, Scaphiopodidae y Leptodactylidae.

En cuanto a los reptiles, 23 especies fueron observadas, colectadas e identificadas. Estas se encuentran dentro de tres órdenes: Squamata, Serpentes y Testudines. Al mismo tiempo, se encuentran en seis familias: Teiidae, Phrynosomatidae, Scincidae, Colubridae, Viperidae y Kinosternidae.

El estudio de avifauna, registró 53 especies diferentes de aves encontradas dentro de 26 familias que son: Icteridae, Tyrannidae, Charadriidae, Columbidae, Accipitridae, Troglodytidae, Ardeidae, Corvidae, Fringillidae, Hirundinidae, Picidae, Mimidae, Anatidae, Cathartidae, Odontophoridae, Trochilidae, Laniidae, Emberizidae, Ptilonotidae, Turdidae, Parulidae, Caprimulgidae, Cardinalidae, Alcedinidae, Scolopacidae y Rallidae. Así mismo, las 53 especies de aves están dentro de 12 órdenes en donde 27 especies se encuentran en el orden de los Passeriformes, dos Charadriiformes, tres Columbiformes, seis Falconiformes, tres Ciconiformes, dos Piciformes, tres Anseriformes, una Galliformes, dos Trochiliformes, una Caprimulgiforme, dos Coraciformes y una en Gruiformes.

De mamíferos, se tiene el registro de *Bassariscus astutus* o cacomixtle, *Canis latrans* o coyote, *Didelphis virginianus* o tlacuache, *Procyon lotor* o mapache, *Urocyon cinereoargenteus* o zorra gris, un *Conepatus mesoleucus* o zorrillo y la especie de roedor *Dipodomys merriami*. Adicionalmente también se observó un quiróptero o murciélago, aún no identificado.

Sobre los peces, no se realizaron determinaciones.

Con el subproyecto: "Estrategias hacia la valoración de la biodiversidad en la comunidad de Ciudad Cuauhtémoc", se logró conocer la valoración que tienen los pobladores sobre su riqueza biológica, así como las repercusiones sociales y ambientales que conlleva su uso y conservación. Para la determinación de la percepción local sobre la biodiversidad se realizó el diseño y la prueba del instrumento, se aplicó la encuesta y los datos obtenidos se vaciaron en una base de datos. Se llevaron a cabo análisis estadísticos estándar, y con los resultados se realizaron inferencias y conclusiones que serán aplicadas en el diseño de estrategias educativas y de difusión.

### 9.3 Discusión

La flora de la región de la Presa San Pedro tienen una alta riqueza florística comparada con floras locales del estado de Zacatecas ubicadas en los municipios de Moyahua (Enríquez 1998), Sombrerete (Enríquez et al., 2003), Zacatecas (Adame, 2009) y Juchipila (Ramírez 2009); situación que destaca la alta biodiversidad del área de estudio. El trabajo de inventarios faunísticos es uno de los primeros trabajos sistemáticos que se han realizado en el Estado.

Con este trabajo se revalida la importancia de los listados o inventarios biológicos, ya que constituyen una herramienta básica a partir de la cual inician estudios de conservación y de uso sustentable. Con los datos de biodiversidad y la exploración de la percepción que los habitantes de la región tienen; se empieza a develar el misterio de las necesidades y percepciones que las comunidades tienen y empieza a dejar de ser un misterio para los foráneos (Scott, 1998). En los casos en que las decisiones externas tienen impactos a nivel local, se suelen olvidar las preocupaciones de las comunidades locales, y los efectos adversos, aunque comunes, no son correctamente anticipados.

En este contexto, se necesita una comprensión cabal de las necesidades locales y un medio para que estas comunidades tengan mayor influencia en los procesos decisivos (Sheil, 2002). Cuestión que es fundamental en este trabajo exploratorio que el cuerpo académico Biodiversidad y Educación para la Conservación ha emprendido.

## 9.4 Conclusiones

Se logró un importante avance en el conocimiento de la biodiversidad de la Presa San Pedro y áreas adyacentes. Se tienen datos importantes en la percepción que los habitantes de la región tienen de la biodiversidad. Este estudio representa un trabajo pionero en el estado de Zacatecas. Los logros científicos obtenidos abren la posibilidad de implementar estrategias de educación de los pobladores de la región de estudio para la conservación y el uso sustentable de los recursos bióticos.

## 9.5 Agradecimientos

Se agradece al PROMEP-SEP el apoyo otorgado al Cuerpo Académico Biodiversidad y Educación para la Conservación para la realización de este proyecto.

## 9.6 Referencias

Adame, G. M. (2009). Valor de uso de las malezas del Municipio de Zacatecas, México. Tesis de Maestro en Ciencias no publicada. Unidad Académica de Agronomía. Universidad Autónoma de Zacatecas. Zacatecas, México.

DETENAL. (1980a). Carta estatal de regionalización fisiográfica. Escala 1: 1 000 000. Dirección General de Geografía del Territorio Nacional. Secretaría de Programación y Presupuesto. México, D. F.

DETENAL. (1980b). Carta estatal climática. Escala 1: 1 000 000. Dirección General de Geografía del Territorio Nacional. Secretaría de Programación y Presupuesto. México, D. F.

Enríquez, E.D. (1998). Estudio florístico del cerro La Cantarilla, Municipio de Moyahua, estado de Zacatecas, México. Tesis de Maestro en Ciencias no publicada. Colegio de Postgraduados Montecillo, Texcoco, Estado de México. México.

Enríquez, E.D., Koch S.D. y González-Elizondo M.S. (2003). Flora y vegetación de la Sierra de Órganos, Municipio de Sombrerete, Zacatecas, México. *Acta Botánica Mexicana*, 64: 45-89.

Medina G. y Ruiz J.A. 2004. Estadísticas climatológicas básicas del estado de Zacatecas. Periodo 1961-2003. Centro de Investigación Norte – Centro. Campo Experimental Zacatecas. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. México.

Scott, J.C. (1998). *Seeing like a state*. The Yale ISPS series. Yale University Press: New Haven, USA. 445 pp.

Ramírez, J. (2009). Inventario y uso de plantas medicinales en el municipio de Juchipila, Zacatecas. Tesis de Licenciatura no publicada. Unidad Académica de Agronomía. Universidad Autónoma de Zacatecas. 56 pp.

Scott, J.C. (1998). *Seeing like state*. The Yale ISPB series. Yale University Press: New Haven, EE. UU.

Sheil, D., Puri R.K., Basuki I., van Heist M, Liswanti M., Sardjono R.M.A., Samsedin I., Sidiyasa K., Permana E., Angi E.M., Gatzweiler F., Johnson B. y Wijaya A. (2002). Exploring biological diversity, environment and local people's perspectives in forest landscapes

## **Concentración total y biodisponibilidad de plomo en lodos residuales provenientes de una ptar urbano-municipal del estado de Guanajuato**

María González, José Segoviano y José García

M. González, J. Segoviano y J. García  
Instituto Tecnológico Superior de Irapuato , Carretera Irapuato-Silao km 12.5, C.P. 36821, Irapuato, Guanajuato.  
refugio.gonzalez@itesi.edu.mx.

M. Ramos., V.Aguilera., (eds.).Ciencias Naturales y Exactas, Handbook -©ECORFAN- Valle de Santiago, Guanajuato, 2014.

## Abstract

In this paper a study of the total concentration and bioavailability of lead in urban municipal sewage sludge is shown. The sludge samples analyzed were collected from a wastewater treatment plant (WWTP) in the state of Guanajuato. In order to determine the total concentration and bioavailability of heavy metals in the sludge samples, analytical methods of the atomic absorption spectroscopy and BCR (European Community Reference) sequential extraction were used respectively. Based on the total concentration of heavy metals was found that the sludge samples did not meet with the maximum permissible limits of the lead containing according to the provisions of Official Standard NOM-004-SEMARNAT-2002 exceeded these limits by approximately 32-35 % , classified as hazardous waste. According to the results of the BCR sequential extraction, the lead distribution was set as 24 % for reducible and interchangeable fraction which are more available and easier to remove. While the oxidizable fraction occupies 30% and the residual fraction 45% being the most stable and bit available.

## 10 Introducción

Los lodos residuales son sólidos con un contenido variable de humedad, provenientes del desazolve de los sistemas de alcantarillado urbano o municipal, de las plantas potabilizadoras y de las plantas de tratamiento de aguas residuales, que no han sido sometidos a procesos de estabilización (NOM-004-SEMARNAT, 2002). Además son una fuente de nutrientes para los cultivos, sin embargo, pueden contener altos niveles de metales pesados y/o patógenos que pueden causar problemas de salud. Las SEMARNAT en México se encargan de monitorear y dictaminar si estos materiales están dentro de los límites permisibles para ser utilizados con fines benéficos, y así minimizar los riesgos de salud y ambientales.

La Manipulación y eliminación de los lodos se ha convertido en un problema universal, ya que contienen cantidades significativas de metales pesados (Fang et al., 2012, Ren et al., 2012 y Aziz et al., 2011). El lodo contaminado puede tener efectos tóxicos directos sobre los ecosistemas acuáticos a través de la bioacumulación de contaminantes tóxicos en la cadena alimenticia, que pueden causar un riesgo indirecto para los seres humanos (Nzihou y Stanmore, 2013). La concentración y la biodisponibilidad de metales pesados son los factores limitante para la disposición y utilización de los lodos.

El conocimiento de la distribución de los metales pesados en los lodos es importante para entender su biodisponibilidad. La distribución de estos metales entre fracciones intercambiable, oxidable, orgánica y residual se puede evaluar usando un análisis de extracción secuencial (Rodríguez et al., 2007), el cual está basado en la solubilización secuencial de los metales, utilizando reactivos químicos que van incrementando su capacidad de extracción en cada etapa sucesiva del fraccionamiento (Keller y Vedy, 1994). Se han reportado un gran número de métodos de extracción secuencial, muchos de los cuales son variantes del procedimiento de Tessier (Tessier, 1976).

Para armonizar los diferentes esquemas de extracción secuencial la Comunidad Europea de Referencia (BCR por sus siglas en inglés) propuso un protocolo de extracción en tres etapas sucesivas (Whalley y Grant, 1994).

En base a lo antes planteado el objetivo de este trabajo se centra en la determinación de la concentración total de plomo, así como su distribución en las diferentes fracciones, con el fin de determinar su biodisponibilidad y el uso apropiado sin afectar el medio ambiente.

## 10.1 Materiales y métodos

### Muestreo

Las muestras de lodo fueron recolectadas de una PTAR del estado de Guanajuato. Se tomaron muestras en tres diferentes puntos: la primera inmediatamente después de salir de los filtros prensa, la segunda en los lechos de secado con un periodo de 8 días de secado y la tercera de la pila de lodos secos con alrededor de 9 meses de secado. Las muestras de aproximadamente 4kg fueron colocadas en bolsas de polietileno y almacenadas en hieleras para su traslado al laboratorio. Para la homogeneización de las muestras compuestas, se empleó el método del cuarteo establecido en la NOM-004-SEMARNAT-2002. Estas se identificaron como: 1, 2 y 3 de acuerdo al orden cronológico en que fueron tomadas.

### Contenido de humedad

Aproximadamente 60 g de cada una de las muestras compuestas fueron colocados en una estufa a 105 °C hasta alcanzar peso constante. El contenido de humedad resultó de calcular las diferencias entre los pesos de la muestra húmeda y seca, de acuerdo a la Ecuación 1.

$$\% \text{ Humedad} = \frac{W_{inicial} - W_{final}}{W_{inicial}} \times 100 \quad (10)$$

Donde  $W_{inicial}$  corresponde al peso de la muestra humedad y  $W_{final}$  es el peso de la muestra seca.

### Secado y cribado

Una vez que las muestras han sido homogeneizadas, estas son secadas en una estufa a temperatura constante de 105 °C por 72 h. Las muestras secas se pulverizan en un mortero y se criban en una malla 12 para obtener muestras con partículas < 1.7 mm, las cuales son almacenadas en bolsas de polietileno a temperatura ambiente hasta su análisis.

### Determinación del contenido total de metales pesados

La determinación del contenido total de metales pesados se llevó a cabo por medio de una digestión ácida. Inicialmente se tomaron 0.5 g de muestra seca y tamizada y se colocaron en un tubo de ensayo, se adicionaron 5 ml de ácido nítrico concentrado (J.T Baker grado analítico), el tubo de ensayo fue colocado en un termo-reactor C 9800 de HANNA Instruments para tubos de ensayo donde se mantuvo a alta temperatura por 2 h, posteriormente se adicionaron 5 ml de peróxido de hidrógeno al 30% (J.T Baker grado analítico) y se dejó por 1 h más en el termo-reactor, terminado el tiempo de digestión se deja enfriar los tubos, se filtra el contenido con la ayuda de un filtro Whatman No.40 y finalmente se cuantifica el contenido de los metales pesados, por espectrometría de absorción atómica utilizando un espectrómetro de absorción atómica de flama (EAAF) Perkin Elmer modelo AAnalyst 100.

### Determinación de la biodisponibilidad de plomo por extracción secuencial

Para determinar la biodisponibilidad de plomo, se utilizó el método de extracción secuencial de BCR, que distingue tres fracciones en orden descendente de acuerdo a su disponibilidad. El método se resume en la Tabla.

**Tabla 10** Fracciones del método de extracción secuencial de la BCR

No.	Fracción	Reactivo	Mol/L	Tiempo/°T
1	Intercambiable	HCH <sub>2</sub> COOH	0.11	16h/°Ta
2	Reducible	NH <sub>2</sub> OH.HCl/HNO <sub>3</sub>	0.1	
		H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	30%(W/V)	16h/°Ta 1h/°Ta
3	Oxidizable	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	30%(W/V)	1h/85°C
		CH <sub>3</sub> COONa	1	16h/°Ta

Ta Temperatura ambiente

Fracción intercambiable: 1 g de muestra, se colocó en un tubo de centrifuga con 15.2 ml de ácido acético 0.11 M. La muestra se agitó (agitador horizontal modelo TTR-200) durante 16 h a temperatura ambiente. El extracto se separó del residuo sólido por medio de centrifugación. El líquido decantado se filtró utilizando papel Whatman No. 40 y se almacenó a 4 °C en un recipiente de polietileno, hasta su análisis por EAAF. El residuo sólido que permanece en el tubo de centrifuga fue lavado con agua destilada y centrifugado para remover el agua de lavado.

Fracción reducible: al residuo limpio de la etapa anterior, se añadió la segunda solución de extracción, que consiste en 15,2 ml de hidrocloreuro de hidroxilamina (JT Baker, calidad analítica) a 0,5 M (pH 2 con ácido nítrico concentrado) y se agitó durante 16 horas. La separación de la solución de extracción y el lavado del residuo se realizaron como se describe en la fracción intercambiable.

En esta fracción, el líquido obtenido por decantación se filtró de nuevo a través de papel Whatman N° 40 y se almacenó a 4 °C en un recipiente de polietileno para un posterior análisis por EAAF.

Fracción oxidizable: al residuo de la etapa anterior, se le añadieron 10 ml de peróxido de hidrógeno al 30 % (JT Baker) y se colocó una tapa, posteriormente se digirió durante 1 hora a temperatura ambiente y luego se llevó una digestión adicional calentando a 85 °C en un baño de agua durante 1 hora más. El tapón del tubo de centrifuga se retiró y el contenido del tubo se redujo por evaporación hasta un volumen de aproximadamente 1 ml. Después se añadió la tercera solución de extracción que consistió de 19 ml de acetato de amonio (JT Baker) a 1,0 M (pH 2 con ácido nítrico concentrado) y se agitó durante 16 horas. La separación de la solución de extracción y el lavado del residuo, se desarrollaron en la misma manera que la fracción intercambiable. De manera similar a la fracción anterior, el líquido obtenido por decantación se filtró de nuevo a través de papel Whatman N° 40 y se almacenó a 4 °C en un recipiente de polietileno para un posterior análisis por EAAF.

El residuo sólido de la tercera etapa del proceso de extracción fue secado a temperatura ambiente y utilizado para determinar la fracción residual por el método de digestión ácida utilizado para la determinación del contenido total de metales pesados descrito anteriormente.

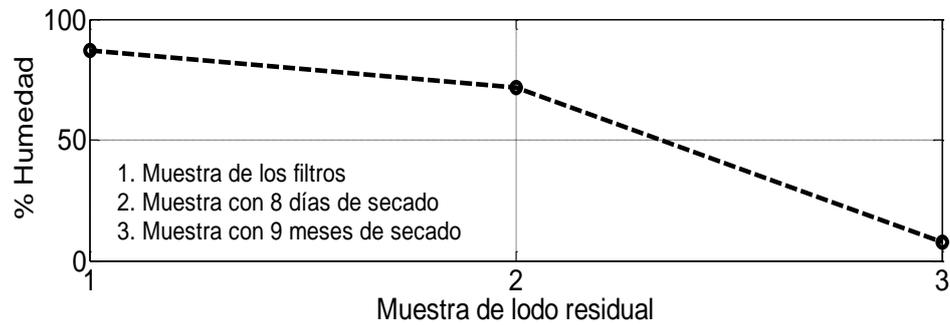
## 10.2 Resultados y discusión

### Contenido de humedad

Las muestras se componen de un alto contenido de agua, que debe ser eliminado por deshidratación para manipular más adecuadamente los lodos y reducir significativamente su volumen. En la Figura se muestra el porcentaje de contenido de humedad en cada una de las muestras tomadas.

En esta figura se puede observar como el contenido de humedad disminuye en gran medida, desde la salida de los lodos de filtros hasta la eliminación final.

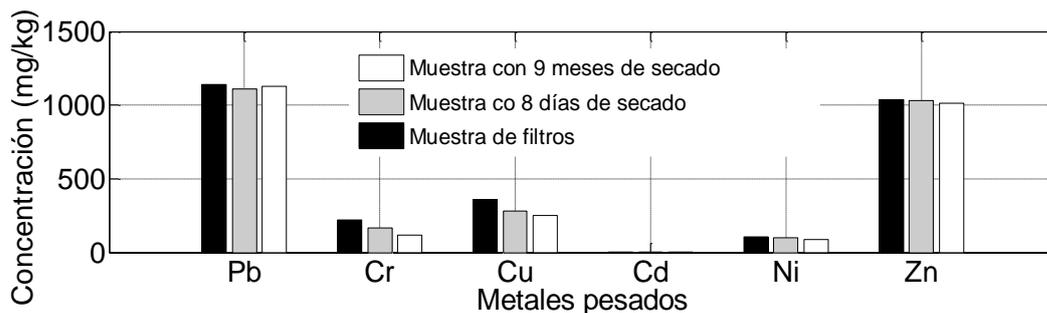
**Grafico 10** Porcentaje de humedad contenido en las muestras de lodo residual



### Determinación del contenido total de metales pesados

Los resultados del contenido total de metales pesados en los lodos residuales para cada una de las tres muestras analizadas se presentan en la Figura 2 y en las Tablas 2, 3 y 4.

**Grafico 10.1** Porcentaje de concentración total de metales pesados en los lodos residuales



La grafica muestra que los metales con las concentraciones más altas en las muestras de lodos son el plomo y el zinc, sin embargo, este último elemento no representa un riesgo potencial para la salud o el medio ambiente, a diferencia de plomo.

**Table 10.1** Promedio de la concentración total de metales pesados en las muestras de lodos comparado con los límites superior e inferior establecidos en la NOM-004-SEMARNAT-2002: Muestra colectada de los filtros.

Metal	Muestra colectada de los filtros	Excelente (mg/kg, base seca)	Buenos(mg/kg, base seca)
	Concentración (mg/kg, base seca) Media $\pm$ S, n=3	NOM-004-SEMARNAT-2002	
Pb	1139.37 $\pm$ 14.97	300	840
Cr	218.27 $\pm$ 2.20	1200	3000
Cu	362.05 $\pm$ 8.76	1500	4300
Cd	4.81 $\pm$ 0.32	39	85
Ni	105.21 $\pm$ 3.81	420	420
Zn	1039.03 $\pm$ 13.72	2800	7500

**Tabla 10.2** Promedio de la concentración total de metales pesados en las muestras de lodos comparado con los límites superior e inferior establecidos en la NOM-004-SEMARNAT-2002: Muestra colectada de pila a 8 días de secado

Metal	Muestra 8 días de secado	Excelente (mg/kg, base seca)	Buenos(mg/kg, base seca)
	Concentración (mg/kg, base seca) Media $\pm$ S, n=3	NOM-004-SEMARNAT-2002	
Pb	1109.36 $\pm$ 35.48	300	840
Cr	166.46 $\pm$ 5.88	1200	3000
Cu	282.68 $\pm$ 8.14	1500	4300
Cd	4.62 $\pm$ 0.26	39	85
Ni	94.57 $\pm$ 3.27	420	420
Zn	1033.15 $\pm$ 21.47	2800	7500

S: Desviación estándar poblacional

NOM-004-SEMARNAT-2002. Lodos y biosólidos.- Especificaciones y límites máximos permisibles de contaminantes para su aprovechamiento y disposición final

**Tabla 10.3** Promedio de la concentración total de metales pesados en las muestras de lodos comparado con los límites superior e inferior establecidos en la NOM-004-SEMARNAT-2002: Muestra colectada de pila a 9 meses de secado

Metal	Muestra 9 meses de secado	Excelente (mg/kg, base seca)	Buenos(mg/kg, base seca)
	Concentración (mg/kg, base seca) Media $\pm$ S, n=3	NOM-004-SEMARNAT-2002	
Pb	1126.38 $\pm$ 2.08	300	840
Cr	119.79 $\pm$ 0.81	1200	3000
Cu	248.74 $\pm$ 2.02	1500	4300
Cd	4.88 $\pm$ 0.19	39	85
Ni	88.32 $\pm$ 10.29	420	420
Zn	1012.29 $\pm$ 11.74	2800	7500

S: Desviación estándar poblacional

NOM-004-SEMARNAT-2002. Lodos y biosólidos.- Especificaciones y límites máximos permisibles de contaminantes para su aprovechamiento y disposición final.

Los datos de las tablas 2, 3 y 4 muestran que las concentraciones de Cr, Cu, Cd, Ni y Zn son muy inferiores a los límites mínimos establecidos en la NOM-004-SEMARNAT-2002, mientras que la concentración de Pb está fuera del límite máximo permitido por aproximadamente 32-35%.

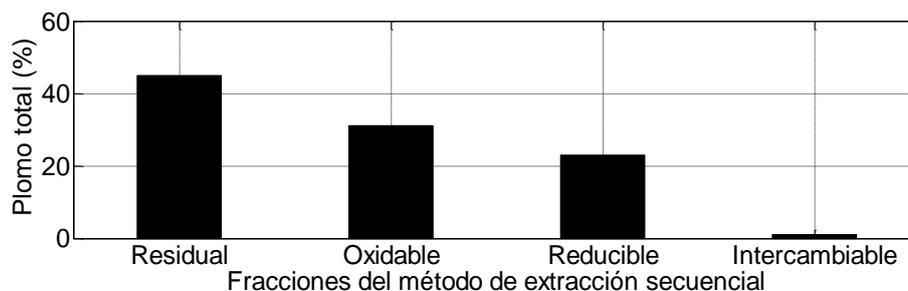
Al no cumplir con las especificaciones de la NOM-004-SEMARNAT-2002 con respecto a los "límites máximos permisibles de metales pesados en biosólidos", se establece en el punto 4.3 de la misma norma que estos lodos no se puede usar y basada en la NOM-052-SEMARNAT-2005 (artículo 6), donde se establecen los procedimientos para determinar si un residuo es peligroso, se define en la Sección 6.3.1 que los lodos y biosólidos están regulados por la NOM-004-SEMARNAT -2002. Por lo tanto, y de conformidad con lo dispuesto en las dos normas oficiales mexicanas mencionadas anteriormente, estos lodos se clasifican como residuos peligrosos.

Basándonos en los resultados obtenidos en las tablas anteriores, se decidió trabajar sólo con una muestra de lodos para determinar la biodisponibilidad del plomo, ya que el total de los metales pesados es muy similar para cada una de las tres muestras. En este caso, la muestra de lodos seleccionada fue la muestra de 8 días de secado.

## Determinación de la biodisponibilidad de plomo por extracción secuencial

En el gráfico se presentan las concentraciones promedio de plomo en la muestra de lodo y su distribución en las tres fracciones determinadas por el método de la BCR y la fracción residual.

**Gráfico 10.1** Distribución de plomo en las fracciones del lodo, en base al método de la BCR



Esta figura muestra que la fracción intercambiable y reducibles, que son los más disponibles en la muestra, ocupan alrededor del 24% del plomo total en la muestra de lodo, mientras que la fracción oxidable ocupa 31% del total y la fracción residual, que es la más estable y menos disponible, ocupa el 45% del plomo total.

### 10.3 Conclusiones

La concentración total de Cd, Cr, Cu, Ni y Zn determinadas en las muestras de lodos no rebasan los límites establecidos por la normatividad mexicana que se especifica en la NOM-004-SEMARNAT-2002, mientras que el Pb excede estos límites en un 33% aproximadamente.

Es importante señalar que el excesivo contenido de plomo éstas muestras se debe a las actividades de alfarería y cerámica que se desarrollan como parte importante de la actividad económica en la ciudad de donde fueron tomadas.

Las concentraciones del Pb en las fracciones obtenidas por el procedimiento de extracción secuencial, muestran que los valores más altos corresponden a las formas químicas más estables, como son la fracción oxidable y la fracción residual, indicando con ello una muy baja biodisponibilidad del metal.

En base a los resultados del contenido de plomo en las muestras de lodos y de conformidad con lo dispuesto en la NOM-052-SEMARNAT-2005, se puede afirmar que estos lodos, quedan clasificados como residuos peligrosos lo que limita su uso y aprovechamiento, por lo anterior se recomienda proponer una técnica de extracción de plomo, con el fin de aprovechar sus propiedades como biofertilizantes en diversos cultivos.

### 10.4 Referencias

Azeez, A. M., Meier, D. y Odermatt, J. (2011). Temperature dependence of fast pyrolysis volatile products from European and African biomasses. *J. Anal. Appl. Pyrolysis*, 90, 81–92.

Fang, L., Yuan, N., Wu, Y. y Zhao, X. (2012). Sun Evolution of heavy metals leachability and speciation in residues of sewage sludge treated by microwave assisted pyrolysis, *Appl. Mech. Mater.*, 833–837.

Keller C. and Vedy J. C. (1994). Distribution of cadmium and copper fractions in two forest soils. *J. Environ. Qual.*, 2.

Norma Oficial Mexicana NOM-004-SEMARNAT-2002, *Protección Ambiental.- Lodos y Biosólidos.- Especificaciones y Límites Máximos Permisibles de Contaminantes para su Aprovechamiento y Disposición Final*, 2002.

Norma Oficial Mexicana NOM-021-SEMARNAT-2000, *Especificaciones de Fertilidad, Salinidad y Clasificación de Suelos, Estudio, Muestreo y Análisis*, México, 2002.

Nzihou, A., Stanmore, B. (2013). The fate of heavy metals during combustion and gasification of contaminated biomass—A brief review . *J. Hazard. Mater.*, 256, 56–66

Ren, B. Liang, M. Liu, X. Xu, M. (2012). Effects of pyrolysis temperature, time and leaf litter and powder coal ash addition on sludge-derived adsorbents for nitrogen oxide. *Bioresour. Technol.*, 125, 300–304

Rodríguez R. A., Echegara y M., Castro, R. (2007). Distribución química de plomo, cromo y cadmio en lodos cloacales y sus cenizas, *Facultad de Ingeniería, Instituto de Ingeniería Química, Universidad Nacional de San Juan, Argentina*, 2, 31-38.

Tessier A., Campbell P. G. and Bisson M. (1979). Sequential extraction procedure for the speciation of particulate trace metals, *Anal. Chem*, 51, 844-851.

Whalley C. and Grant, A. (1994). Assessment of the phase selectivity of the European Community Bureau of Reference (BCR) sequential extraction procedure for metals in sediment, *Analytica Chimica Acta.*, 1, 287-295.

## **Control biológico en la fase de competencia y recuperación en un triatleta**

Delia Pérez, Blanca Rangel, Germán Hernández, Hugo Aguirre y Estrella Chávez

D. Pérez, B. Rangel, G. Hernández, H. Aguirre y E. Chavez  
Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, México.  
Facultad de Organización Deportiva  
Ciudad Universitaria C.P. 66451, San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México.  
cruz\_hg@hotmail.com

M. Ramos., V.Aguilera., (eds.).Ciencias Naturales y Exactas, Handbook -©ECORFAN- Valle de Santiago, Guanajuato, 2014.

## Abstract

The main objective of the biological control of training is to improve the design of workloads by coaches in order to prevent the adverse effect that involves the practice of high performance sport. In the present study biomarkers such immune response, heart rate variability (HRV), creatine kinase (CK), lactate and urea were measured to describe the behavior in a competition and during the recovery period. The results obtained during the evaluation provide enough information to use them as a custom control of physical activity.

## 11 Introducción

En la actualidad se han descrito diversos parámetros que pueden ser utilizados en el deporte como marcadores biológicos, sin embargo la literatura apuesta por aquellos que tengan una relación directa con la carga de trabajo realizado y además puedan prevenir el efecto negativo ejercido por la actividad física extenuante en el cuerpo humano (Jürimäe, Mäestu, Jürimäe, Mangus, & von Duvillard, 2011). El control biológico ha llamado la atención de los especialistas en el área del deporte debido a que conjunta el análisis de un sistema biológico complejo, como lo es el cuerpo humano, con el fin de prevenir la fatiga crónica, promover los mecanismos de adaptación al entrenamiento y describir procesos que pudieran mejorar el rendimiento de los atletas (Calderón-Montero, Benito-Peinado, Melendez-Ortega, & González-Gross, 2006).

Una de las retos del control biológico es la estandarización de nuevos métodos diagnósticos no invasivos que provean información sobre el estado fisiológico de los atletas para poder eficientizar el diseño de las cargas de trabajo por parte de los entrenadores. Por esta razón se han buscado moléculas distintivas de los procesos metabólicos y respuestas fisiológicas implicadas en el deporte, siendo las interacciones entre los sistemas inmune, nervioso y cardiovascular los principales candidatos a estudiar.

La relevancia de la respuesta inmune en la fisiología del deporte surgió con la teoría llamada "Ventana Abierta", la cual hace referencia al periodo donde los atletas se encuentran inmunocomprometidos debido al efecto que produce el ejercicio extenuante prolongado, siendo una condición idónea para que surjan infecciones por agentes bacterianos, virales o fúngicos (Nieman, 2000). Reportes en la literatura establecen que realizar una actividad física extenuante se eleva la concentración total de leucocitos, existiendo una relación inversa entre neutrófilos y linfocitos (Wolach, 2012). Además del paquete celular de leucocitos existe un diferencial entre el inicio y el final de la actividad en la expresión de citocinas (Leicht, Bishop, & Goosey-Tolfrey, 2011; Nieman, 2012; Xing et al., 2013).

En cuanto al sistema cardiovascular y nervioso existe un método no invasivo llamado Variabilidad de la Frecuencia Cardíaca (VFC), el cual se ha utilizado como indicador de la fatiga crónica. El principio de la técnica se basa en los cambios en la modulación del sistema nervioso autónomo (SNA) (Suetake, 2010).

Esta medición se obtiene a partir de las oscilaciones consecutivas "latido a latido" del ritmo sinusal en el dominio del tiempo o de frecuencia, las cuales son reguladas por el sistema nervioso autónomo (Bricout, Dechenaud & Favre-Juvin, 2010).

Dado que se asocia directamente con el equilibrio simpato-vagal se utiliza para evaluar los efectos del ejercicio agudo y del entrenamiento (Chalencón et al., 2012; Makivić, Nikić, & Willis, 2013).

La VFC refleja un control del SNA sobre el sistema cardiovascular, donde un aumento en los valores señala un funcionamiento ideal y adaptabilidad del SNA, mientras que una VFC baja se interpreta como un indicador negativo para la salud y por lo tanto para el rendimiento físico (Edmonds, Sinclair, & Leicht, 2013).

El control biológico, además de establecer la relación entre los tres sistemas, busca evaluar aquellos factores que pudieran afectar la homeostasis celular de manera prolongada y, por lo tanto el rendimiento del atleta. Uno de los factores que más afecta el equilibrio celular es el exceso en la liberación de radicales libres (estrés oxidativo), el cual disminuye la respuesta inmune provocando un desgaste de las fibras musculares (Stanković & Radovanović, 2012). Los ejemplos más reportados son los como indicadores de daño muscular o de cargas de entrenamiento son la creatin quinasa (CK) y Urea (Lozano & Moro, 2012; Urdampilleta, 2013).

Los marcadores biológicos Urea, CK, estrés oxidativo se suman a la VFC y respuesta inmune se analizan a través del control biológico en situaciones de entrenamientos o competencias en atletas de alto rendimiento (Lozano & Moro, 2012; Urdampilleta, 2013). Por esta razón el objetivo de este estudio fue evaluar el comportamiento de dichos marcadores durante un periodo de competencia fundamental y su posterior recuperación.

## **11.1 Materiales y métodos**

El estudio consistió en monitorear marcadores biológicos como CK, VFC, lactato, Urea, parámetros leucocitarios y estrés oxidativo en un atleta de triatlón modalidad olímpica. La totalidad del proceso fue dividida en dos etapas: competencia y recuperación. El día del evento se obtuvieron muestras de sangre capilar al iniciar y al finalizar la competición. La etapa de recuperación consistió en un tiempo total de una semana, la primer toma fue a las 2 horas terminada la competencia, siguiendo con mediciones a las 24 horas, 48 horas, 72 horas, culminando a los 7 días pasada la competencia.

### **Sujeto**

Se analizó a una triatleta mujer (edad 37 años, altura 166.3, peso: 56.7 kg), con un entrenamiento de 2 horas diarias durante siete días a la semana. La mediciones se realizaron en una competencia nacional oficial, participando en la modalidad olímpica. Posterior a la competencia se le solicito al atleta una semana de recuperación realizando actividades de baja intensidad. Se conto con el consentimiento informado del atleta.

### **Prueba de esfuerzo en banda sin fin**

Se efectuaron dos pruebas de esfuerzo en banda sin fin, una al inicio de su preparación y la segunda al pasar la competencia. El protocolo de la prueba se inicia a una velocidad de 6 km/h con un aumento de 2 km/h cada tres minutos, hasta que el atleta no pudo mantener el ritmo. Las evaluaciones de concentración de lactato en sangre capilar se tomaron al iniciar la prueba, al final de cada etapa y en los periodos de recuperación con tiempos de 1,3 y 5 minutos.

### **Marcadores biológicos**

Durante las etapas de competencia y recuperación se tomaron dos tubos de EDTA de un volumen aproximado de 500  $\mu$ L por cada toma. Dichas mediciones fueron realizadas en un dispositivo Reflotron Plus con tirillas reactivas para Creatin Quinasa (REF: 11126695203) y Urea (REF: 11200666204). Para las mediciones de lactato se utilizó el dispositivo Accutrend Plus y tirillas reactivas (REF: RC150386) ambas de la empresa Roche.

## Respuesta Inmune

Las muestras de la biometría hemática se realizaron en un laboratorio de referencia en todo el proceso del estudio. Analizando leucocitos, neutrófilos, basófilos, eosinófilos, monocitos y linfocitos.

## Estrés oxidativo

La cuantificación de hidroperóxidos lipídicos fue llevada a cabo con kits para la prueba d-ROMs en el dispositivo FRAS4 de la compañía Evolveo.

## Variabilidad de la frecuencia cardiaca

El monitoreo se realizó utilizando el dispositivo Polar Team 2 durante 15 minutos en posición supina. Las variables analizadas son los que se basan en el dominio del tiempo, entendiendo por variables de tiempo los diferentes parámetros estadísticos que resultan de la medición electrocardiográfica de los intervalos NN normales. Estos intervalos NN normales son analizados estadística y matemáticamente para obtener los distintos parámetros (Rodas, Pedret, Ramos, Capdevila, 2008). La SDNN es la desviación estándar de todos los intervalos NN del periodo medido, es un indicador independiente de las frecuencias para definir el concepto de la variabilidad total, rMSSD es la raíz cuadrada del valor medio de la suma de las diferencias al cuadrado de todos los intervalos NN sucesivos. Este parámetro informa de las variaciones a corto plazo de los intervalos NN y se utiliza para observar la influencia del sistema nervioso parasimpático sobre el sistema cardiovascular, pNN50 mide el porcentaje de los intervalos NN consecutivos que discrepan en más de 50 milisegundos entre sí, un valor elevado de pNN50 proporciona valiosa información acerca de las variaciones altas espontáneas de la frecuencia cardiaca (Task force, 1996).

## Composición corporal

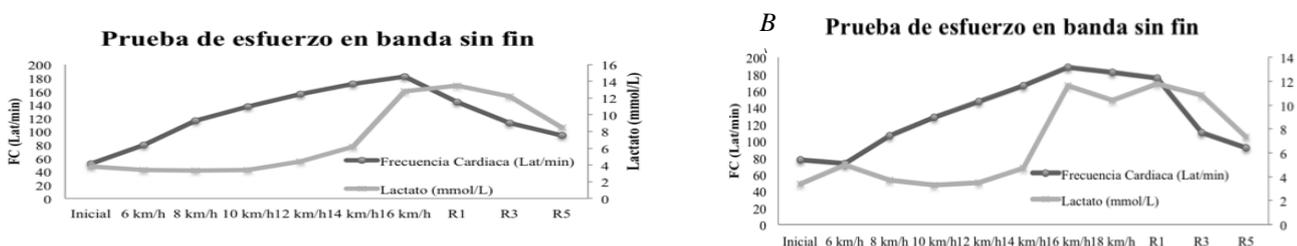
La composición corporal fue determinada por un método indirecto con el equipo absorciómetro dual de rayos X (DEXA) y pletismografía por desplazamiento de aire (Bod Pod).

## 11.2 Resultados y discusión

Los resultados de las concentraciones de ácido láctico y frecuencia cardiaca obtenidos en las dos pruebas de esfuerzo se muestran en la tabla 1.

En ambas pruebas el atleta alcanzó una velocidad máxima de 17.6 km/h, consumo máximo de oxígeno ( $VO_{2max}$ ) igual  $54.5 \text{ ml kg min}^{-1}$ , para la primera prueba la frecuencia cardiaca máxima ( $F_{c_{max}}$ ) fue de 182 Lat/min mientras que en la segunda registró 188 Lat/min.

**Figura 11** En el eje vertical izquierdo se encuentra la frecuencia cardiaca (Lat/min), en el lado opuesto están representadas las concentraciones de ácido láctico (mmol/L). A) Representación gráfica de los resultados obtenidos en la primera prueba de esfuerzo. B) Representación gráfica de los resultados obtenidos en la segunda prueba de esfuerzo. R1 es la recuperación al minuto 1, R3 es la recuperación al minuto 3 y R5 es la recuperación al minuto 5.



## Marcadores biológicos

En la tabla se muestran los resultados de las evaluaciones durante las etapas de competencia y recuperación.

**Tabla 11** Concentraciones de Urea, CK y Lactato

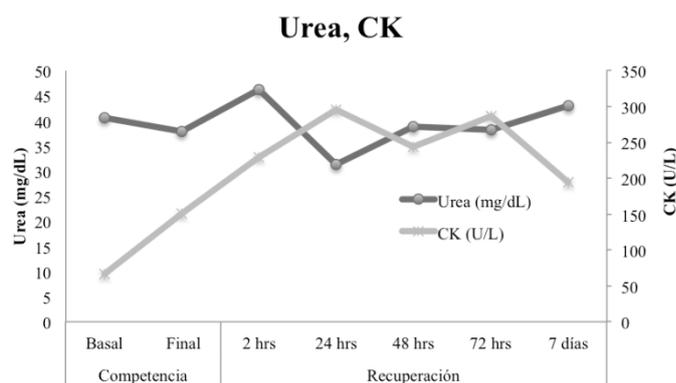
Variables	Competencia		Recuperación				
	Basal	Final	2 hrs	24 hrs	48 hrs	72 hrs	7 días
Urea (mg/dL)	40.6	37.9	46.2	31.3	38.9	38.2	43
CK (U/L)	66.7	151	229	296	244	286	194
Lactato (mmol/L)	3.2	7.9	2.9	2.6	2.9	2.5	3.7

Las concentraciones de Urea en sangre se mantuvieron dentro de los parámetros de referencia durante todo el proceso de evaluación (Hartmann & Mester, 2000). A las dos horas posteriores de la competencia aumento 8.3 mg/dL recuperándose a las 24 horas, lo cual se infiere que el volumen de la carga no afectó el catabolismo de proteínas (Soto, Trujillo, & Niño, 2013).

Al finalizar la competencia la CK aumento con respecto a las concentraciones basales y continuó incrementandose hasta las 72 horas, lo cual indica que podría ser el resultado de un incremento en la carga de trabajo de manera progresiva sin llegar a afectar la homeostasis celular (Cachadiña, 2012).

A través del comportamiento en las etapas de estudio de la CK se puede deducir que el atleta posee una adaptación al entrenamiento, como lo indica Hartmann & Mester (2000), debido a que presenta valores considerablemente altos comparados a los establecidos como normales en la población en general.

**Figura 11.1** Comportamiento de marcadores biológicos: Urea (mg/dL), CK (U/L) en las etapas de competencia y recuperación.



## Respues Inmune

En la tabla se presentan las concentraciones de poblaciones celulares en las etapas de competencia y recuperación.

**Tabla 11.1** Valores de biometría hemática.

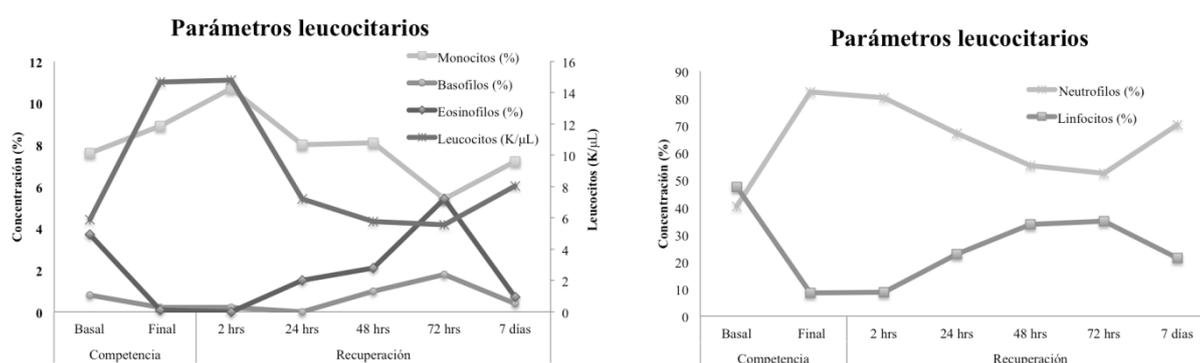
Variables	Competencia		Recuperación				
	Basal	Final	2 hrs	24 hrs	48 hrs	72 hrs	7 días
Leucocitos (K/ $\mu$ L)	5.89	*14.69	*14.8	7.21	5.78	5.55	8.02
Neutrófilos (%)	40.4	*82.3	*80.3	67.1	55.2	52.4	70.3
Linfocitos (%)	47.5	*8.5	*8.8	22.7	33.6	35	21.4
Monocitos (%)	7.6	8.9	10.7	8	8.1	5.4	7.2
Eosinófilos (%)	3.7	*0.1	*0	1.5	2.1	5.4	0.7
Basófilos (%)	0.8	0.2	0.2	0.7	1	*1.8	0.4

Valores fuera de intervalo de referencia biológica

Al iniciar la competencia el atleta se encontraba en parámetros óptimos para el correcto funcionamiento del sistema inmune, sin embargo al finalizar la competencia se observó un aumento considerable en la población celular de neutrófilos hasta un 80%, cuyos valores basales regresaron a las 24 horas. En comparación con los neutrófilos, el porcentaje de la población celular de linfocitos sufrió una disminución del 8% como consecuencia del ejercicio intenso de larga duración (Wolach, 2012). El resto de la población celular leucocitaria varió en eosinófilos, monocitos y basófilos durante el transcurso de la competencia, siendo únicamente los eosinófilos quienes mostraron resultados fuera de los rangos de referencia (0.7%-5.8%), al finalizar la competencia y a las dos horas.

El aumento en la concentración total de leucocitos forma parte del conjunto de mecanismos que surgen como respuesta a un estímulo externo por parte del sistema inmunológico (Leicht et al., 2011; Nieman, 2000)

**Figura 11.2** A) En el eje vertical derecho se encuentran la concentración de leucocitos (K/ $\mu$ L), los monocitos, basófilos y eosinófilos se encuentran en porcentaje de acuerdo a la concentración total de leucocitos en las etapas de competencia y recuperación. B) Resultados obtenidos en porcentaje de neutrófilos y linfocitos en las etapas de competencia y recuperación.



## Estrés oxidativo

En este estudio se analizó la liberación de radicales libres como respuesta a condiciones de estrés en una competencia fundamental como se muestra en la Tabla 5.

**Tabla 11.2** Estrés oxidativo en periodo de competencia y recuperación.

Variables	Competencia		Recuperación				
	Basal	Final	2 hrs	24 hrs	48 hrs	72 hrs	7 días
d-ROM ( U Carr)	202	214	286	286	271	178	225

Durante el periodo de evaluación se produjo un incremento en la producción de agentes químicos reactivos, llegando a una concentración máxima de 286 U. Carr, la cual se mantuvo durante 24 horas. Debido a que la triatleta logró recuperar sus niveles basales 48 horas posteriores a la competencia se puede deducir que su sistema antioxidante se encuentra en óptimas condiciones, es decir, alcanzó un efecto positivo sobre la liberación de radicales libres durante la actividad física (Medina et al., 2012; Stanković & Radovanović, 2012).

**Figura 11.3** Resultados obtenidos del estrés oxidativo en las etapas de competencia y recuperación utilizando la prueba d-ROMs en Unidades Carratelli ( U. Carr=0.08 mg H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/dL).

### Variabilidad de la frecuencia cardiaca

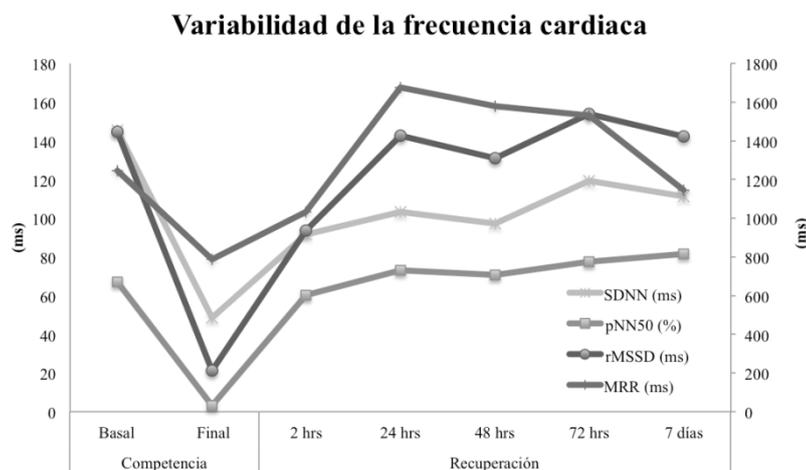
La tabla muestra los resultados obtenidos durante el monitoreo del rendimiento físico del atleta.

**Tabla 11.3** Parámetros de variabilidad de la frecuencia cardiaca.

Variables	Competencia		Recuperación				
	Basal	Final	2 hrs	24 hrs	48 hrs	72 hrs	7 días
MRR (ms)	1246.3	787.7	1034	1676.8	1579	1529.6	1143.9
SDNN (ms)	145.5	48.6	91.7	103.1	97.1	119.2	111.2
pNN50 (%)	67.2	3	60.2	73	70.8	77.4	81.5
rMSSD (ms)	144.8	21.2	93.6	142.5	131.1	153.9	142.2

Tomando en cuenta los valores de la VFC al finalizar la competencia, se observó un efecto notable en el atleta del ejercicio realizado durante la etapa de competician, esta diferencia hace notar que existe un predominio del sistema simpático sobre el parasimpático (Edmonds, Sinclair & Leicht 2013; Makivić, Nikić & Willis, 2013). A pesar del efecto ejercido por el esfuerzo realizado, el atleta logró recuperar las condiciones basales mostradas al iniciar la competencia. El incremento causado por la competencia y su posterior recuperación durante los siguientes tres días supone una evidencia de que la atleta posee una adaptación al entrenamiento (Vesterinen & Häkkinen, 2013)

**Figura 11.4** Resultados de los parámetros de la variabilidad de la frecuencia cardiaca. Las unidades que se encuentran en el eje abscisas situado en el lado derecho e izquierdo se encuentran en milisegundos (ms). El promedio de los intervalos RR (MRR) se encuentran en el eje vertical derecho, para el caso de pNN50 las unidades son el porcentaje de una cuantificación en milisegundos (ms).



### 11.3 Conclusiones

En relación al comportamiento de las variables analizadas en las etapa de competencia y recuperación se puede concluir que el control biológico es una metodología efectiva para valorar el rendimiento físico del atleta, ya que nos permite establecer los cambios en el organismo como consecuencia de un esfuerzo físico extenuante como lo fue una competencia y una adecuada recuperación permitiendo al organismo una adaptación fisiológica.

### 11.4 Agradecimientos

A la Facultad de Organización Deportiva de la Universidad Autónoma de Nuevo León por su disponibilidad tanto en instalaciones como en personal para llevar a cabo este estudio. Así como a la atleta participante, mostrando en todo momento disponibilidad e interés en contribuir al desarrollo del proyecto.

### 11.5 Referencias

Bricout, V.-A., Dechenaud, S., & Favre-Juvin, A. (2010). Analyses of heart rate variability in young soccer players: the effects of sport activity. *Autonomic Neuroscience: Basic & Clinical*, 154(1-2), 112–6. doi:10.1016/j.autneu.2009.12.001

Cachadiña, E. (2012). Estudio comparativo de los perfiles semanales de creatin kinasa, urea y variabilidad de la frecuencia cardiaca en remeros de élite españoles. *Archivos de Medicina ...*, 29, 952–958. Retrieved from <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4538352>

Calderón-Montero, F. J., Benito-Peinado, P. J., Melendez-Ortega, A., & González-Gross, M. (2006). Control biológico del entrenamiento de resistencia. (Biological control of endurance training.). *RICYDE. Revista Internacional de Ciencias Del Deporte*, 2(2), 65–87. doi:10.5232/ricyde2006.00205

- Chalencon, S., Busso, T., Lacour, J.-R., Garet, M., Pichot, V., Connes, P., ... Barthélémy, J. C. (2012). A model for the training effects in swimming demonstrates a strong relationship between parasympathetic activity, performance and index of fatigue. *PloS One*, 7(12), e52636. doi:10.1371/journal.pone.0052636
- Edmonds, R. C., Sinclair, W. H., & Leicht, A. S. (2013). Effect of a training week on heart rate variability in elite youth rugby league players. *International Journal of ...*, 34, 1087–1092. Retrieved from <https://www.thieme-connect.com/products/ejournals/abstract/10.1055/s-0033-1333720>
- Hartmann, U., & Mester, J. (2000). Training and overtraining markers in selected sport events. *Medicine and Science in Sports and ...*, 32(1), 209–15. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10647551>
- Jürimäe, J., Mäestu, J., Jürimäe, T., Mangus, B., & von Duvillard, S. P. (2011). Peripheral signals of energy homeostasis as possible markers of training stress in athletes: a review. *Metabolism: Clinical and Experimental*, 60(3), 335–50. doi:10.1016/j.metabol.2010.02.009
- Leicht, C. A., Bishop, N. C., & Goosey-Tolfrey, V. L. (2011). Mucosal immune responses to treadmill exercise in elite wheelchair athletes. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 43(8), 1414–21. doi:10.1249/MSS.0b013e31820ac959
- Lozano, A., & Moro, M. (2012). PARÁMETROS BIOQUÍMICOS A LO LARGO DE TRES MICROCICLOS DE ENTRENAMIENTO INTENSO EN TRIATLETAS DE ÉLITE. *Archivos de Medicina Del Deporte*, 29, 669–679. Retrieved from <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4532245>
- Makivić, B., Nikić, M., & Willis, M. (2013). Heart Rate Variability (HRV) as a Tool for Diagnostic and Monitoring Performance in Sport and Physical Activities. *Journal of Exercise Physiology*, 16(3), 103–131. Retrieved from [http://www.asep.org/asep/asep/JEPonlineJUNE2013\\_Willis.pdf](http://www.asep.org/asep/asep/JEPonlineJUNE2013_Willis.pdf)
- Medina, S., Domínguez-Perles, R., Cejuela-Anta, R., Villaño, D., Martínez-Sanz, J. M., Gil, P., ... Gil-Izquierdo, A. (2012). Assessment of oxidative stress markers and prostaglandins after chronic training of triathletes. *Prostaglandins & Other Lipid Mediators*, 99(3-4), 79–86. doi:10.1016/j.prostaglandins.2012.07.002
- Nieman, D. C. (2000). Exercise effects on systemic immunity. *Immunology and Cell Biology*, 78, 496–501. Retrieved from <http://www.nature.com/icb/journal/v78/n5/abs/icb200069a.html>
- Nieman, D. C. (2012). Clinical implications of exercise immunology. *Journal of Sport and Health Science*, 1(1), 12–17. doi:10.1016/j.jshs.2012.04.004
- Rodas, G., & Carballido, C. (2008). Variabilidad de la frecuencia cardiaca: conceptos, medidas y relación con aspectos clínicos (parte II). *Archivos de Medicina ...*, 25, 1–2. Retrieved from <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2594836&orden=267277&info=link>
- Soto, J., Trujillo, J., & Niño, E. (2013). Cuantificación de la respuesta bioquímica al entrenamiento específico de porteros profesionales durante un microciclo de fase competitiva. ... *Revista de Las Ciencias de La ...*, 1(version 19), 2–11. Retrieved from <http://revistas.ufasta.edu.ar/index.php/movu/article/view/1>
- Stanković, M., & Radovanović, D. (2012). Oxidative stress and physical activity. *SportLogia*, 8(1), 1–11. Retrieved from <http://www.sportlogia.com/no5engl/engl1.pdf>

Suetake, N. (2010). Evaluation of autonomic nervous system by heart rate variability and differential count of leukocytes in athletes. *Health*, 02(10), 1191–1198. doi:10.4236/health.2010.210175

Task force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. Heart rate variability: standards of measurement, physiological interpretation and clinical use in: *Circulation. European Heart Journal*. 1996; 17: 354-81.

Urdampilleta, A. (2013). Valoración bioquímica del entrenamiento: herramienta para el dietista-nutricionista deportivo. *Revista Española de ...*, 17(2), 73–83. Retrieved from <http://www.renhyd.org/index.php/renhyd/article/view/14>

Vesterinen, V., & Häkkinen, K. (2013). Heart rate variability in prediction of individual adaptation to endurance training in recreational endurance runners. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 23(2), 171–180. Retrieved from <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1600-0838.2011.01365.x/full>

Wolach, B. (2012). Exercise and the immune system-Focusing on the effect of exercise on neutrophil functions. *Sports Medicine and Sports Injuries. Croatia: InTech ...*, (7). Retrieved from [http://www.intechopen.com/source/pdfs/28447/InTech-Exercise\\_and\\_neutrophil\\_function.pdf](http://www.intechopen.com/source/pdfs/28447/InTech-Exercise_and_neutrophil_function.pdf)

Xing, J.-Q., Zhou, Y., Fang, W., Huang, A.-Q., Li, S.-B., Li, S.-H., & Ruan, L.-M. (2013). The effect of pre-competition training on biochemical indices and immune function of volleyball players. *International Journal of Clinical and Experimental Medicine*, 6(8), 712–5. Retrieved from <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=3762629&tool=pmcentrez&rendertype=abstract>

## **Efecto de tres reguladores de crecimiento en la inducción de callo y obtención de brotes y plantas de *Jatropha curcas* mediante cultivo in vitro**

Denisse Téllez, Rubén Domingo, Jorge Hernández y Hugo Mendoza

D. Téllez, R. Domingo, J. Hernández y H. Mendoza

Universidad Tecnológica de la Huasteca Hidalguense. Carretera Huejutla Chalahuiyapa. S/N Colonia Tepoxteco Huejutla de Reyes Hidalgo. C.P. 43000.  
nis06@hotmail.com.

M. Ramos., V.Aguilera., (eds.).Ciencias Naturales y Exactas, Handbook -©ECORFAN- Valle de Santiago, Guanajuato, 2014.

## Abstract

This research was conducted in the laboratory of plants Biotechnology of the Technological University of the Huasteca Hidalguense, with the objective of evaluating various concentrations of plant growth regulators (2-4-D, BAP and IBA) to establish in vitro culture for the induction of callus, shoots and seedlings of *Jatropha curcas*. A design was completely randomized and the response variables were assessed by analysis of variance. For the induction of callus were used segments of young leaves, being the treatment T2 (AIB 0.1 mg/l BAP 0.1 mg/l), T4 (AIB 0.5 mg/l BAP 0.25 mg/l) and the T5 (AIB 0.25 mg/l 2,4-d 0.1 mg/l) had a 20% induction being the best treatments. For the induction of shoots were used stems with a knot being the T4 treatment with four outbreaks. To obtain plants were used embryos being the treatment T4 (AIB 0.25 mg/l BAP 0.5 mg/l) with the higher percentage of 90% germination, this same treatment showed plants with a greater diameter of stem of 0.47 cm, while the witness showed plants of greater height of 11.33 cm and length of leaves of 2.05 cm.

## 12 Introducción

La *Jatropha curcas* pertenece a la familia de las Euphorbiaceas, una de las más grandes y diversas en México. Normalmente crece a una altura entre tres y cinco metros. Sus hojas son grandes, alternadas de color verde a verde pálido. Las flores son pequeñas de 6 a 8 mm con pétalos de 6 a 7 mm de largo, mientras que la inflorescencia se forma en la axila de las hojas y los frutos se producen en invierno cuando el árbol queda sin hojas. Los frutos son triloculares (dividido en tres partes) con semillas en cada cavidad, formado por una cascara dura y leñosa. Las semillas maduran cuando su coloración cambia de color verde a amarillo, dos o tres meses después de la floración y las flores son polinizadas por insectos.

En México la *Jatropha curcas* presenta una gran distribución, se le registra en los estados de Yucatán, Tabasco, Chiapas, Oaxaca, Veracruz, Guerrero, Puebla, Hidalgo, Morelos, Nayarit, Jalisco, Michoacán y Sinaloa (Rodríguez-Acosta et al., 2009). En México ha sido cultivada en desde tiempos precolombinos y era conocida y utilizada por los mayas (Toral et al., 2008).

Esta especie presenta un gran potencial industrial y medicinal. En la actualidad se desarrolla la producción de biodiesel a partir de las semillas de esta especie, luego del proceso de transesterificación (aceite de *Jatropha* + alcohol) para la elaboración del biodiesel, se obtiene un 15% de glicerol, con alto valor para su uso farmacológico e industrial, así como la producción de un metabolito denominado curcina una proteína de interés antiviral y antifúngica producida por esta misma especie. Así mismo la cascara de esta especie es utilizada para biogás por el alto poder calorífico y/o en su defecto para fertilizante orgánico (por contener N, P, K).

Mientras que el aceite de la semilla tiene acción purgativa, en enfermedades de la piel y se utiliza para disminuir el dolor causado por el reumatismo, en tanto que el látex tiene propiedades antimicrobianas (Jongschaap et al., 2007).

La planta es tolerante a sequía Gübittz et al. (1959) además de crecer en suelos pedregosos o arenosos con un contenido bajo en nutrientes (Li et al., 2008) y es ligeramente tolerante a terrenos salinos. Actualmente esta especie se propaga a escala masiva por siembra directa de semillas o por esquejes (Li et al., 2008), sin embargo el bajo rendimiento de la semilla y la facilidad con que se sacan las plantas de los suelos pobres y marginales impiden la utilidad práctica de estos métodos de propagación.

En la actualidad, la demanda de plantas de *Jatropha curcas* ha incrementado considerablemente y el método de propagación convencional a través de semillas produce plantas con alta variabilidad genética, lo que en un futuro causará problemas en los usos agroindustriales (López et al., 2008). En la propagación convencional asexual (estacas, acodos) la acumulación de enfermedades sistémicas es una de las principales causas que produce bajos rendimientos (Jiménez, 1998).

Debido a esta situación la regeneración in vitro, mediante las técnicas de cultivo de tejidos está teniendo una gran importancia para la productividad de este cultivo (Kalimuthu et al., 2007). La razón más importante es que con la propagación in vitro se obtienen plántulas genotípicamente iguales, esto hace posible la propagación de especies o variedades élites (López et al., 2008).

Las técnicas de cultivo de tejidos vegetales o cultivo in vitro permite la obtención de una gran cantidad de plantas de interés, además es posible obtener plantas libres de patógenos en un medio nutritivo y aséptico (estéril) en condiciones ambientales controladas, además es posible identificar y producir metabolitos de uso industrial a mayor escala, calidad y rendimiento (Gómez, 2005).

Actualmente el cultivo de células y tejidos vegetales (CCTV) es una técnica de gran aplicación biotecnológica que consiste en la regeneración de plantas completas a partir de una masa amorfa, de células, que se denomina "callo" (vía organogénesis indirecta) o el desarrollo directo de plántulas sin el proceso de la formación de un callo denominada vía directa.

Actualmente se han desarrollado algunos protocolos de propagación de cultivo de tejidos vegetales de endospermos y la propagación rápida y masiva de genotipos selectos de *Jatropha curcas* debido al gran potencial industrial, medicinal y alimentario que presenta (Kumar et al., 2012; Misra et al., 2010 y Varshney y Jhonson, 2010). Además de que las plantas obtenidas por cultivo de tejidos vegetales no muestran diferencias con plantas obtenidas por técnicas tradicionales (Sujatha y Dinagra, 1993).

En la región de la Huasteca Hidalguense la planta de *Jatropha curcas* se encuentra en forma silvestre y es utilizada como alimento en la preparación de diversos platillos como tamales con huevo o simplemente tostada en comal (Martínez, 2007), así mismo la especie es utilizada como cerca para la delimitación de terrenos. Esta especie tiene un gran interés agronómico en la región debido a su gran potencial de adaptación para la reforestación de suelos erosionados y por su actual interés para la producción de biocombustible.

La propagación masiva de esta especie, resultaría una fuente de ingreso para los productores de la región, siendo alta la demanda de semilla por parte de empresas que transforman la materia prima en biocombustible y biorreductores de viscosidad, es por ello que la Universidad Tecnológica de la Huasteca Hidalguense comienza a realizar protocolos de propagación in vitro de esta especie.

El presente trabajo tuvo como objetivo evaluar el efecto de la aplicación de tres reguladores de crecimiento (2-4-D diclorofenoxiacético, BAP, y AIB) para la inducción de callo y obtención de brotes y plantas de *Jatropha curcas*, así como evaluar el porcentaje de germinación, diámetro de tallo, altura y número de hojas de las plántulas obtenidas in vitro.

## **12.1 Materiales y métodos.**

### **Localización del proyecto.**

El presente proyecto se llevó a cabo en el Laboratorio de Biotecnología de la Universidad Tecnológica de la Huasteca Hidalguense, ubicado en la ciudad de Huejutla de Reyes, Hidalgo localizada al norte del estado y geográficamente entre los paralelos 21°08´ de latitud norte y 98°25´ de longitud oeste, a una altitud de 140 metros sobre el nivel del mar. Registrando un clima cálido-húmedo y una temperatura media anual de 40.1 °C. La precipitación pluvial es de 1,500 milímetros por año (INEGI, 2010).

### **Recolección de germoplasma**

Se utilizaron semillas de la especie *Jatropha curcas*, recolectadas con anterioridad en la localidad de Tepeco situado en el Municipio de Huautla en el Estado de Hidalgo. Se trabajo con estas semillas debido a que en estudios anteriores presentaron un alto porcentaje de ácidos grasos y proteínas.

### **Pruebas sanitaria en semillas de *Jatropha curcas*.**

Se colocaron 12 semillas de la especie *Jatropha curcas* en 125 ml de medio de cultivo Agar Dextrosa Saboraud (ADS) con tetraciclina como antibiótico al 0.1 %; distribuidos en 6 placas Petri.

La siembra de las semillas se realizó bajo dos tratamientos en la campana de flujo laminar, colocando 3 placas Petri con semillas de piñón sin desinfectar y 3 placas Petri con semillas de piñón desinfectadas con hipoclorito de sodio al 1 % durante 30 segundos y enjuagadas con H<sub>2</sub>O destilada, con el objetivo de trabajar con semillas libres de patógenos antes de ser colocadas en el sustrato.

### **Colocación de las semillas en sustrato para la selección de plantas madre y obtención de hojas y tallos para el cultivo in vitro.**

Las semillas se colocaron en bolsas de 25 x10 que fueron llenadas con la combinación de sustratos de lombricomposta, arena y peat moss previamente desinfectado por solarización y agua caliente, esto se llevó a cabo en el invernadero de tipo baticenital que se encuentra dentro de la Universidad Tecnológica. A los 20 días de germinación se tomaron hojas jóvenes para la inducción de callos y tallos con un nudo para la inducción de brotes. Obteniéndose este material vegetal de las plantas que presentaron un adecuado manejo de nutrición y fertilización.

### **Preparación de medio de cultivo.**

Se utilizó el medio de cultivo suplementado con las sales y vitaminas de Murashige y Skoog (MS) complementado con 30 g de sacarosa y 7 g/l de Agar con un pH de 5.8, esterilizado en un autoclave por 20 minutos a 121 °C.

### **Desinfección de las hojas, tallos y embriones.**

Se utilizaron segmentos de hoja (área 1.0 cm<sup>2</sup>) y tallos con un nudo (área 1.0 cm<sup>2</sup>), obtenidos de las plantas conservadas en el invernadero, fueron trasladados al laboratorio de biotecnología vegetal en un vaso de precipitado con agua para evitar su deshidratación. Fueron desinfectados con solución jabonosa y agua de la llave.

El segundo lavado se realizó con una solución de tween 20 al 1% durante 5 min con agitación constante, después se realizaron lavados con agua destilada para remover la capa de grasa de los tejidos vegetales y permitir una mejor penetración de la solución desinfectante. Posteriormente fueron colocados en una solución de hipoclorito de sodio (Cloralex®) al 1% por 25 min, agitando periódicamente para un mejor contacto de la solución. Se enjuagaron con agua destilada estéril y por último se colocaron en una solución de etanol al 80% por 20 s.

Los embriones fueron desinfectados con solución jabonosa y agua de la llave, posteriormente se sometieron a una solución de hipoclorito de sodio al 10% por 5 minutos, después se colocaron en una solución de etanol al 70% durante 5 minutos y se enjuagaron con agua estéril para su posterior siembra en una campana de flujo laminar. La desinfección se realizó bajo condiciones estériles en una campana de flujo laminar. (Dixon, 1991).

### **Colocación de las hojas, tallos y embriones en el medio de cultivo.**

Una vez que el material vegetal se desinfectó, con la ayuda de un bisturí previamente flameado se realizaron cortes de los segmentos de hoja y tallos, mientras a que las semillas se les elimino la testa y se extrajo el embrión partiendo del endospermo. El material vegetal se coloco en frascos que contenían 25 ml de medio MS, a cada frasco se le colocaron 2 segmentos de hoja, 1 tallo y 2 embriones por frasco, el proceso se realizó en la campana e flujo laminar cerca del mechero para evitar posible contaminación.

### **Incubación de los frascos**

Después de que se realizó la siembra, los frascos se colocaron en el área de incubación con un fotoperiodo de (16 h luz / 8 oscuridad).

### **Tratamientos**

Se establecieron 6 tratamientos y un control con 2 repeticiones utilizando la combinación de los reguladores de crecimientos ácido-indol-butírico (AIB), ácido 2,4-diclorofenoxiacético (2,4-D) y Bencil-amino-purina (BAP) para el material vegetal de hojas y tallos. Los tratamientos evaluados consistieron en: T1 (AIB 0 mg/l + BAP 0.5 mg/l), T2 (AIB 0.1 mg/l + 0.1 mg/l), T3 (AIB 0.25 mg/l + BAP 0.1 mg/l), T4 (AIB 0.5 mg/l + BAP 0.25 mg/l), T5 (AIB 0.25 mg/l + 2,4 D 0.1 mg/l), T6 (2-4-D 0.1 mg/l) + (2,4-D 0.1 mg/l + BAP 2 mg/l) y un control (Bermejo et al., 2010).

Para el material vegetal de embriones se utilizaron 4 tratamientos y un control con 2 repeticiones. Los tratamiento evaluados consistieron en: T1 (AIB 0.1 mg/l + BAP 0.1 mg/l), T2 (AIB 0.25 mg/l + 0.25 mg/l), T3 (AIB 0.5 mg/l + BAB 0.5 mg/l), T4 (AIB 0.25 mg/l + BAP 0.5 mg/l) y un control. (Bermejo et al., 2010).

### **Diseño experimental**

Se estableció un diseño completamente al azar y se evaluaron las variables de respuesta mediante un análisis de varianza, a las variables que resultaron con diferencias significativas, se realizo la comparación de medias por la prueba de Tukey. Los datos se analizaron en el programa estadístico de la Universidad de Nuevo León.

## **Variables de respuesta**

### **Porcentaje de inducción de Callos**

Se obtuvo registrando el porcentaje de formación de callos después de un mes de haber realizado el cultivo in vitro de las hojas.

### **Inducción de brotes.**

Se obtuvo registrando el número de brotes después de 21 días de haber realizado el cultivo de tallos con un nudo.

### **Germinación de embriones.**

Esta variable se obtuvo registrando el porcentaje de germinación de cada uno de los tratamientos, a partir de los 5 días después de la siembra.

### **Diámetro de tallo de la plántula.**

Se obtuvo midiendo el diámetro de tallo con la ayuda de un vernier en la parte central de la planta, después de dos meses haber realizado el cultivo, los datos se reportaron en centímetros (cm).

### **Altura de plántula**

Se estuvo realizando las mediciones de la altura de cada plántula, después de dos meses de haber realizado el cultivo, para ello se tomaron datos de cinco plantas por tratamiento, los datos fueron reportados en centímetros (cm).

### **Longitud de la hoja**

Se obtuvo tomando la longitud de las hojas de cada planta en los diferentes tratamientos después de dos meses de haber realizado el cultivo, se realizó con la ayuda de una regla.

## **12.2 Resultados y discusión**

### **Porcentaje de inducción de callo (PIC).**

Para el porcentaje de inducción de callos, el tratamiento T2 (AIB .01 mg/l + BAP 0.1 mg/l), el tratamiento T4 (AIB 0.5 mg/l + BAP 0.25 mg/l) y el tratamiento 5 (AIB 0.25 mg/l + 2,4-D 0.1 mg/l), presentaron una inducción del 20%, mientras que un 10% para los tratamientos 3 (AIB 0.25 mg/l + BAP 0.1 mg/l), y 6 (2-4-D 0.1 mg/l + (2,4-D 0.1 mg/l + BAP mg/l), siendo el T1 (AIB 0 mg/l + BAP 0.5 mg/l) y el control en los que no hubo presencia de callo, obteniéndose este resultado a un mes de establecido el cultivo de hojas jóvenes.

**Tabla 12** Comparación de medias para la variable porcentaje de inducción de callos obtenidos por tratamiento

Tratamiento	Concentración de los reguladores de crecimiento.	% de inducción de callo
1	AIB 0 mg/l + BAP 0.5 mg/l	0% NI
2	AIB 0.1 mg/l +BAP 0.1 mg/l	20% A
3	AIB 0.25 mg/l + BAP 0.1 mg/l	10% B
4	AIB 0.5 mg/l + BAP 0.25 mg/l	20% A
5	AIB 0.25 mg/l + 2,4- D 0.1 mg/l	20% A
6	2,4-D 0.1 mg/l + BAP 2 mg/l	10% B
0	0	0% NI

NI: no inducido. Se realizaron 2 repeticiones para cada tratamiento; diferentes letras en los valores del % de inducción de callo indican diferencia significativa  $P < 0.05$ .

**Figura 12** Callos obtenidos a partir de hojas jóvenes de *Jatropha curcas*



Los resultados obtenidos difieren con el trabajo de Bermejo et al., (2010) que utilizando las concentraciones del tratamiento 2 (AIB 0.1 mg/l +BAP 0.1 mg/l) obtuvieron un porcentaje de inducción del 66%, para el tratamiento 4 (AIB 0.5 mg/l + BAP 0.25 mg/l) estos autores obtuvieron un 100% de inducción, mientras que para el tratamiento T3 (AIB 0.25 mg/l + BAP 0.1 mg/l) obtuvieron un porcentaje de inducción del 88%.

Las diferencias de porcentaje en la inducción de callos utilizando los mismos tratamientos pueden deberse a que las condiciones de diferenciación celular y su respuesta a los factores físicos controlados de temperatura, fotoperiodo y humedad pueden variar aun en plantas de la misma especie. Bermejo y col. trabajaron con *Jatropha curcas* del estado de Morelos y este trabajo se desarrollo con plantas provenientes del estado de Hidalgo.

López y Hernández col. (2008) trabajando con plantas de *Jatropha curcas* de dos variedades cubana y africana mostraron diferentes resultados aún trabajando con el mismo material vegetal (hojas, peciolo e inflorescencias) y los mismos reguladores de crecimiento (BAP y 2-4-D) siendo la variedad cubana la que presento un 100% de inducción de callos a partir de peciolo y la variedad africana un 100% de inducción de callos a partir de hojas. Andrés (2012) logro la inducción de callo utilizando auxinas y citocininas de está especie a partir de hojas jóvenes, lo mismo sucedió con el trabajo realizado por Muñoz et al., (2003).

Se ha reportado que si se desea inducir a callo en un medio que no contenga auxinas, la producción de callo es casi nula o muy baja, pero si se incrementa la concentración de auxinas se podría incrementar la producción de callo (García et al., 1987).

### Inducción de brotes (IB).

Para la inducción de brotes el T 1 (AIB 0 mg/l + BAP 0.5 mg/l) obtuvo una inducción de 1-3 brotes por tallo, mientras que con el T2 (AIB 0.1 mg/l + BAP 0.1 mg/l) y el T4 (AIB 0.5 mg/l + BAP 0.25 mg/l) se indujeron de 2 a 4 brotes respectivamente.

**Tabla 12.1** Comparación de medias para la variable número de brotes inducidos por tratamiento.

Tratamiento	Concentración de la hormona	No. Brotes
1	AIB 0 mg/l + BAP 0.5 mg/l	3
2	AIB 0.1 mg/l + BAP 0.1 mg/l	2
3	AIB 0.25 mg/l + BAB 0.1 mg/l	NI
4	AIB 0.5 mg/l + BAP 0.25 mg/l	4
5	AIB 0.25 mg/l + 2,4- D 0.1 mg/l	NI
6	2,4-D 0.1 mg/l + BAP 2 mg/l	NI
0	0	NI

**Figura 12.1** Brotes obtenidos de tallos con un nudo de *Jatropha curcas*



Publicaciones como las de Datta y col. (2007) reportaron la inducción de brotes a partir de nodales de *J. curcas* a los 28-42 días de incubación, de igual forma que Banerjee y Shrivastava (2008) obtuvieron brotes con el mismo material vegetal a los 21-28 días de cultivo, utilizando AIB y BAP en concentraciones mas altas que en está investigación, además de otros aditivos como sulfato adenina, glutamina y acido cítrico.

En este trabajo se obtuvieron brotes en menos tiempo (21 días), el numero de brotes obtenidos difiere con Bermejo (2010) en el T1 (AIB 0 mg/l + BAP 0.5 mg/l) donde obtuvieron 1 brote, mientras que en el tratamiento T4 (AIB 0.5 mg/l + BAP 0.25 mg/l) obtuvieron 9 brotes.

El número de brotes obtenido en este trabajo fue menor, podría deberse al material vegetal utilizado (tallos con un nudo). Andrés (2012) obtuvo un mayor número de brotes utilizando como material vegetal hojas, lo mismo sucede con Tejedor (2010) al utilizar hojas cotiledonares permitiendo la inducción de brotes después de 4 semanas.

### Porcentaje de germinación de embriones (PGE).

Para el porcentaje de germinación de embriones, el tratamiento T4 (AIB 0.25 mg/l + BAP 0.5 mg/l) obtuvo un 90% de germinación y 9 plántulas, siendo el tratamiento T3 (AIB 0.5 mg/l + BAB 0.5 mg/l) el que obtuvo un menor porcentaje de germinación del 60% con 6 plántulas.

**Tabla 12.2** Comparación de medias para la variable porcentaje de germinación de embriones en los diferentes tratamientos.

Tratamiento	Concentración de la hormona	% Germinación	No. de Plántulas obtenidas
1	AIB 0.1 mg/l + BAP 0.1 mg/l	80 B	8
2	AIB 0.25 mg/l + 0.25 mg/l	70 C	7
3	AIB 0.5 mg/l + BAB 0.5 mg/l	60 D	6
4	AIB 0.25 mg/l + BAP 0.5 mg/l	90 A	9
Control	0	80 B	8

Se realizaron 2 repeticiones para cada tratamiento; diferentes letras en los valores del % de inducción de germinación indican diferencia significativa  $P < 0.05$ .

Trabajos realizados por Ville (1996) menciona que utilizando citocininas como BAP se obtiene un 90% de germinación mientras no se presente contaminación.

### Diámetro de tallo de las plántulas de *Jatropha curcas* obtenidas in vitro (DT).

En el análisis de varianza se observa que no existe diferencia significativa entre tratamientos para esta variable. Como se puede observar la  $f$  calculada es menor que la  $f$  de tablas ( $f_c < f_t$ ), por lo tanto no se realiza la comparación de medias ya que todos los tratamientos son estadísticamente iguales.

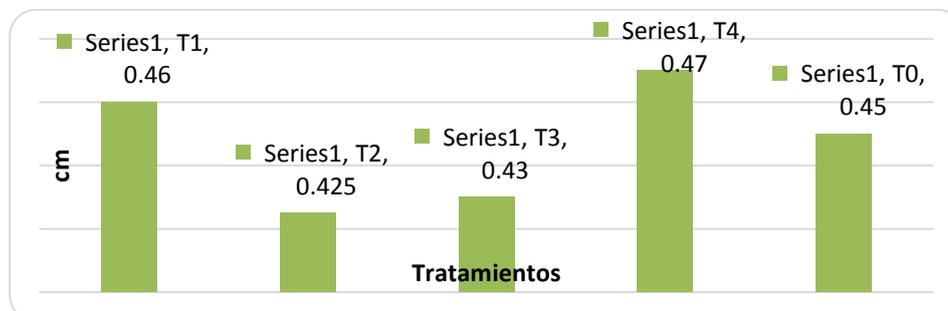
**Tabla 12.3** Análisis de varianza para la variable Diámetro de tallo de plántulas de *Jatropha curcas* obtenidas in vitro.

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft.
					0.05
TRATAMIENTOS	4	0.00346	0.000865	1.8804	5.19
ERROR	5	0.0023	0.00046		
TOTAL	9	0.00576			

C.V= 4.6877%

Como se puede observar en la gráfica 1, el T4 (AIB 0.25 mg/l + BAP 0.5 mg/l) fue el que presentó plántulas con mayor diámetro del tallo con .47 cm seguido por el T1 (AIB 0.1 mg/l + BAP 0.1 mg/l) con .46 cm, siendo el tratamiento T2 (AIB 0.25 mg/l + 0.25 mg/l) el que presentó plántulas con menor diámetro de tallo con .42 cm.

**Gráfico 12** Diámetro de tallo de plántulas de *Jatropha curcas* obtenidas in vitro.



Las citocininas son un grupo de reguladores de crecimiento consideradas responsables del proceso de división celular (Klee y Stelle, 1991) y también son responsables de varios procesos vegetales.

#### Altura de plántulas de *Jatropha curcas* obtenidas in vitro (AP).

Para la altura de plántulas de *Jatropha curcas* obtenidas in vitro se observó que el tratamiento T0 (Testigo) y el tratamiento T1 (AIB 0.1 mg/l + BAP 0.1 mg/l), presentaron plántulas con mayor altura, con rangos que van de 11.33 cm a 10.70 cm, respectivamente siendo estos dos estadísticamente iguales pero diferentes a los demás tratamientos.

**Tabla 12.4** Comparación de medias para la variable altura de plántulas de *Jatropha curcas* obtenidas in vitro.

Tratamientos	Media (cm)
T0	11.33 a
T1 (aib 0.1 mg/l + bap 0.1 mg/l)	10.70 a
T2 (aib 0.25 mg/l + 0.25 mg/l)	6.82 c
T3 (aib 0.5 mg/l + bab 0.5 mg/l)	7.1 bc
T4 (aib (0.25 mg/l + bap 0.5 mg/l)	8.38 b

Se realizaron 2 repeticiones para cada tratamiento; diferentes letras en los valores de la altura indican diferencia significativa  $P < 0.05$ .

La biosíntesis y homeostasis de las citocininas están finamente controladas por factores internos y externos como el nivel de otros reguladores de crecimiento (auxinas) y las fuentes de nitrógeno inorgánico como las contenidas en el medio de cultivo (Klee y Stelle, 1991). Las auxinas influyen principalmente en el alargamiento celular, el crecimiento de la raíz y dominancia apical. (Bywater, 2001).

Villancinda (1990) menciona que en el cultivo in vitro las citocininas han permitido grandes progresos especialmente en micropropagación por su función de proliferación celular mediante la división celular.

En plántulas de la familia de las cactáceas específicamente en la especie *Ferocactus latispinus* se observó también que plántulas provenientes del tratamiento control presentaron mayor longitud total Amador et al. (2013).

### Longitud de hojas de las plántulas de *Jatropha curcas* obtenidas in vitro (LH).

En la longitud de hojas de las plántulas de *Jatropha curcas* obtenidas in vitro el T0 (Control) mostró plántulas con hojas de mayor longitud con un promedio de 2.05 cm, mientras que el T2 (AIB 0.25 mg/l + 0.25 mg/l) y el T4 (AIB (0.25 mg/l + BAP 0.5 mg/l) se encuentran en segundo lugar siendo estadísticamente iguales con valores promedios que van de 1.95 a 1.85 cm.

Siendo los T1 (AIB 0.1 mg/l + BAP 0.1 mg/l) y T3 (AIB 0.5 mg/l + BAB 0.5 mg/l) los que presentan valores que van de 1.685 a 1.37 cm respectivamente.

**Tabla 12.5** Comparación de medias para la longitud de hojas de las plántulas de *Jatropha curcas* obtenidas in vitro.

Tratamientos	Media (cm)
T0	2.05 a
T1 (AIB 0.1 mg/l + BAP 0.1 mg/l)	1.685 BC
T2 (AIB 0.25 mg/l + 0.25 mg/l)	1.95 AB
T3 (AIB 0.5 mg/l + BAB 0.5 mg/l)	1.37 C
T4 (AIB (0.25 mg/l + BAP 0.5 mg/l)	1.85 AB

Se realizaron 2 repeticiones para cada tratamiento; diferentes letras en los valores de la altura indican diferencia significativa  $P < 0.05$ .

Muñoz et al., (2003) obtuvo plántulas de *Jatropha curcas* con crecimiento normal y raíces delgadas y largas sin adicionar reguladores de crecimiento utilizando medio de cultivo MS.

**Figura 12.2** Plántulas de *Jatropha curcas* después de dos meses de haber sido obtenidas in vitro



## 12.2 Conclusiones

Para inducir a la formación de callo (masa amorfa) es necesario utilizar hojas jóvenes de *Jatropha curcas* utilizando reguladores de crecimiento como auxinas (AIB, 2,4-D) y citocininas (BAP) en concentraciones adecuadas y en condiciones controladas.

En cuanto al % de inducción de callo los mejores tratamientos fueron el T2 (AIB 0.1 mg/l + BAP 0.1 mg/l), T4 (AIB 0.5 mg/l + BAP 0.25 mg/l) y el T5 (AIB 0.25 mg/l + 2,4-D 0.1 mg/l), con 20%.

En la inducción de brotes el T4 (AIB 0.5 mg/l + BAP 0.25 mg·L<sup>-1</sup>) fue el mejor presentando de 2 a 4 brotes por tallo.

Para el cultivo de embriones el mejor tratamiento fue el T4 (AIB (0.25 mg/l + BAP 0.5 mg/l) con un 96% de germinación y la obtención de 9 plantas, además de ser el tratamiento con mayor diámetro de tallo en plántulas de *Jatropha curcas* con .47 cm.

El tratamiento control presento plántulas de *Jatropha curcas* con mejor altura y longitud de hojas, con 11.33 y 2.05 centímetros respectivamente

El cultivo de tejidos vegetales es una técnica de la biotecnología que nos permite obtener plantas libres de patógenos a partir de material vegetal en condiciones controladas de luz, temperatura y humedad aprovechando la totipotencialidad de las células (Hartmann y Kester, 1995).

## 12.3 Agradecimientos

Los autores agradecemos al Programa de Mejoramiento al Profesorado (PROMEP) por el financiamiento otorgado para la realización de este proyecto. Con número de carta PROMEP/103.5/12/7956.

## 12.4 Referencias

Amador-Alfárez, K. A., Díaz-González, J., Loza-Cornejo, Sofía y Bivián-Castro Eglá Yareth. 2013. Efecto de diferentes reguladores de crecimiento vegetal sobre la germinación de semillas y desarrollo de plántulas de dos especies de *Ferocactus* (Cactaceae). *Polibotánica*, 35 (35), 109-131.

Andrés-Prada, J. (2012). Regeneración de plantas vía organogénesis y crioconservación de *Jatropha curcas* L. Tesis de Maestría. Centro agronómico tropical de investigación y enseñanza. Turrialba, Costa Rica.

Banerjee, M. y Shrivastava S. (2008). *In vitro* clonal propagation of physic nut (*Jatropha curcas* L.) Influence of additives. *International Journal of Integrative Biology*, 3 (1), 73-79.

Bermejo-Cruz, M. E .G., Lozano, E. S. y Martínez-Ayala, A. L. (2010). Cultivo *in vitro* de *Jatropha curcas* para la obtención de curcuma. Tesis de Maestría. Centro de Desarrollo de Productos Bióticos-IPN. México.

Bywater, M. (2001). "Plant Growth Regulators. Mode of Action. Australian Turfgrass Management. [http://www.agcsa.com.au/static/atm\\_articles/html/3\\_3c.html](http://www.agcsa.com.au/static/atm_articles/html/3_3c.html).

Datta, M. M., Mukherjee, P., Ghosh, B. y Baran, Jha, T. (2007). *In vitro* clonal propagation of biodiesel plant *Jatropha curcas* L. *Current Science*, 93 (10), 1438-1842.

- Dixon, R.A. 1991. Plant cell culture: a practical approach. Washington DC. IRL PRESS.
- Gómez Y. (2005). Establecimiento de un cultivo *in vitro* de *Ipomea intrapilosa* y evaluación de su actividad insecticida contra *Trialeurodes vaporarionum*. Tesis de Maestría. Centro de Desarrollo de Productos Bióticos-IPN.México.
- Gübittz, G.M., Mitelbach, M. y Trabbi, M. (1999). Exploration of the tropical oil seed plant *Jatropha curcas* L. *Biores. Technol*, 67 (3), 73-82.
- Hartmann, H. y Kester, E. (1995). Propagación de plantas. Principios y Prácticas. México. Continental.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2010.
- Jiménez, E.A. (1998). Generalidades del Cultivo *in vitro*. En Pérez J. N. Propagación y Mejora Genética de Plantas por Biotecnología. p. 13-24. Santa Clara, Cuba.
- Jongschaap, R. E. E., Corre, W. J., Bindrama, P. S. y Branderbug, W. S. (2007). Claims and facts of *Jatropha curcas* L. global *Jatropha curcas* evaluation, breeding and propagation programme. Report 158. Plant Research International, Wageningen. Netherlands.
- Kalimuthu, K., S. Paulsamy, R. Senthilkumar, M. Sathya. (2007). *In vitro* propagation of the Biodiesel plant *Jatropha curcas* L. *Plant Tissue Culture and Biotechnology*, 17 (2), 137-147.
- Klee, H. y Estelle, M. (1991). Molecular genetic approaches to plant hormone biology. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol*, 42 (3), 529-551. doi: 10.1146/annurev.pp.42.060191.002525.
- Kumar, N., Vijay, Anand, K. J. y Reddy, M. P. (2011). *In vitro* regeneration from petiole explants of non-toxic *Jatropha curcas*. *Ind Crop prod*, 33 (2), 146-151.
- Li, J., Li, M. R., Wu, P. Z. y Gu, J. L. (2008). Molecular cloning and expression analysis of a gene encoding a putative B-Ketoacyl-acyl carrier protein (ACP) synthetase III Kas III from *Jatropha curcas*, *Tree Physiol*, 28 (6), 921-927.
- López-Hernández, D., Peñate A. L., Daquinta, G. M., Pina, M. D. y Escalona, M. M. (2008). Cultivo *in vitro* de *Jatropha curcas*. Resultados preliminares y estrategias futuras. Centro de Bioplasmas. Universidad de Ciego de Avila, Cuba.
- Martínez-Herrera, J. (2006). Caracterización genética, nutricional y no nutricional de *Jatropha curcas* de México. Tesis de doctorado. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas de México. México. D.F.
- Misra, P., Gupta, N., Topo, D.D., Pandey, V., Misra, M. K. y Tuli R. (2010). Establishment of long-term proliferating shoots cultura of elite *Jatropha curcas* L. by controlling entophytic bacterial contamination. *Plant Cell. Tissue and Organ culture*, 100 (2), 189-197.
- Muñoz, J., Valerin, K., Alvarenga, S. y Alan, E. (2003). Cultivo *in vitro* de Tempate (*Jatropha curcas*). *Tecnología en marcha*, 16 (4), 53-59.
- Rodríguez-Acosta, M., Vega-Flores, K., De Gante-Cabrera, V. H. y Jiménez- Ramírez, J. (2009). Distribución del género *Jatropha* L. (Euphorbiaceae) en el estado de Puebla. México. *Polibotánica*, 16 (28), 37-48.
- Sujatha, M. y Dinagra, M. (1993). Rapid plant regeneration from various explants of *Jatropha integerrima*. *Plant Cell Tiss. Org. Cult*, 35 (3), 293-296.

- Tejedor, B. (2010). Micropropagación de *Jatropha curcas*. Escuela Técnica General de Ingenieros Agrónomos. Universidad Politécnica de Valencia, España,
- Toral, O., Iglesias, J. M., Montes de Oca, S., Sotolongo, J. A., García, S. y Torsti, M. (2008). *Jatropha curcas* una especie arbórea con potencial energético en Cuba. *Pastos y Forrajes*, 31 (3), 191-207.
- Varshney, A. y Jhonson, T. (2010). Efficient plant regeneration from immature embryo cultures of *Jatropha curcas* a biodiesel plant. *Plant Biotechnol. Rep*, 4 (2), 139-148. doi 10.1007/s11816-010-0129-0.
- Villancinda, Maldonado, R. W. (1990). Respuesta de la especie tres puntas (*Neurotonalobata* L.) a la propagación *in vitro*. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía.
- Ville, C. (1996). Biología. México. Mc-Graw Hill.

## **El aula como laboratorio de matemáticas aplicadas**

Joaquín Godoy, Rubén Fraire, Rene Saucedo y Sergio Flores

J. Godoy, R. Fraire, R. Saucedo y S. Flores  
Universidad Tecnológica de Ciudad Juárez, Av. Universidad Tecnológica No. 3051, Lote Bravo II C.P. 32695 Ciudad Juárez, Chih. México.  
Universidad de Texas en El Paso, 500 W University Ave, El Paso, TX 79902, Estados Unidos  
joaquin\_godoy@utcj.edu.mx

M. Ramos., V.Aguilera., (eds.).Ciencias Naturales y Exactas, Handbook -©ECORFAN- Valle de Santiago, Guanajuato, 2014.

## Abstract

Regularize laboratories have become an advertising strategy schools vanguard for the capture of their school tuition, but does it really accomplish the goal of having students manipulate, simulate and graph or have just replaced the notebook frames per Email notebook installed? also found that even two or three math softwares are not used by the students; must recognize that a great inconvenience for universities is required to build experimental laboratories, since it would not be possible for any institution to have a multidisciplinary laboratory for each subject or group. These constraints led to the technological university of Juarez City we gave ourselves the task of transforming the classroom of a math lab through the use of versatile and innovative technology, making classroom practices that develop students allowing critical thinking in direct contact with the object of study. In a previous study, we found that a percentage increase indicated possible advances using innovative enrich material in a regular class, for this research we consider the use of interactive technology represents a major increase in the teaching of mathematics.

## 13 Introducción

El salón de clases es por excelencia el lugar de mayor interacción para la asignatura de matemáticas, por su naturaleza este ha sido utilizado para clases explicativas, teóricas y de resolución de operaciones dejando de lado la experimentación, la aplicación y la simulación de funciones, actividades que se consideran propias solo de los laboratorios, esta percepción limita de alguna manera la practicidad de las matemáticas como una asignatura de uso común y cotidiano, reafirmando la aridez y la monotonía escolar de esta ciencia. Por tradición o facilidad en matemáticas el rigorismo ha sido tomado en alta estima mientras que el ensayo y error de la experimentación se subestima, “hasta ahora hemos presumido que todos los teoremas, cuando son interpretados del modo indicado, son proposiciones verdaderas. Pero, ¿sabemos que es así como debe ser?” (Hofstadter, 1979)<sup>5</sup>

En esta interrogante –en el mejor de los casos- los docentes desarrollamos ejemplos que se relacionen de alguna manera con el entorno y la cotidianidad de los alumnos, más sin embargo, siguen siendo situaciones teóricas y abstractas sin ninguna manipulación o simulación concreta de un proceso o fenómeno físico. Así, la interacción con el objeto de aprendizaje es de vital importancia, la aplicación y el ensayo donde el verdadero valor de la estrategia adoptada radica en la significancia que representa para el educando, donde el profesor ha diseñado previamente las condiciones necesarias para facilitar el proceso enseñanza-aprendizaje (Jaramillo, Ordoñez, Castellanos, Castañeda, 2005)<sup>6</sup>, pero estas medidas hacen necesaria la transformación del aula en un laboratorio de aplicación y de experimentación matemáticas estimulando la comunión entre el saber y el saber hacer.

Este punto de confluencia de la experimentación y la teoría matemática en el salón de clases ha demostrado entre sus bondades la motivación y la participación para el trabajo en equipo y la socialización de las matemáticas, donde hemos observado que los alumnos en actividades de manipulación son asertivos y propositivos, poniendo de manifiesto sus habilidades y cualidades en la proposición de ideas para la solución de los problemas planteados.

Generalmente los requerimientos para clases experimentales y de aplicación pueden ser elementos muy sencillos y de fácil obtención que no requieren de cuidados excesivos para su uso, mientras que la simulación y el enriquecimiento instantáneo del tema se puede llevar a cabo con mini iPads y programas propios del sistema que no ponen en riesgo los equipos de cómputo de los llamados laboratorios de matemáticas, los cuales se encuentran sujetos a un estricto control de seguridad y de disponibilidad para su uso.

Aunque a decir verdad la definición de laboratorio de matemáticas ha sido aplicada indiscriminadamente a las salas que cuentan con equipo de cómputo, que en el mejor de los casos tienen instalado algunos programas de solución de ecuaciones y de graficación, estos softwares, aunque reducidos bien aprovechados cumplen con las expectativas para la optimización del tiempo en la resolución de operaciones pero generalmente solo se limitan a eso, dejando de lado la interacción y la aplicación las cuales consideramos de vital importancia ya que estamos convencidos de que la manipulación y la interacción constituyen las bases en el proceso de enseñanza-aprendizaje, citando a Saramago “Para que el cerebro de la cabeza supiera lo que era una piedra, fue necesario que los dedos la tocaran, sintieran su aspereza, el peso y la densidad, fue necesario que se hirieran con ella. Sólo mucho tiempo después, el cerebro comprendió que de aquel remiendo de roca se podría hacer una cosa a la que llamaría puñal” (2000)7.

Otro inconveniente de los laboratorios de matemáticas es su disponibilidad la que debe ser estratificada para prestar servicio a la mayor cantidad de alumnos posibles, esta limitante condiciona que las prácticas sean teóricas, algorítmicas y en horarios muy específicos ya que ninguna institución cuenta con laboratorios suficientes como para prestar el servicio a cada grupo en todo momento, además de otros vicios que se generan con respecto al equipo con el que cuentan los laboratorios y la instalación de los softwares que dependen de los presupuestos de la Institución o de la directiva y de los encargados de los departamentos de informática y no de los usuarios directos. Esta carencia de infraestructura o de recursos humanos capacitados puede solucionarse en cierta medida llevando la tecnología interactiva al aula o creando los llamados laboratorios virtuales (Lorandi, Hermida, Hernández, Ladrón de Guevara, 2011)8.

Una situación refleja y persistente en nuestras Instituciones de Educación Superior es el bajo aprovechamiento escolar, según PISA 2012 (Programa para la Evaluación Internacional de Alumnos) a México le tomará más de 25 años en alcanzar los niveles promedio de la OCDE Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico) en matemáticas y más de 65 años en lectura9. Estas cifras aunque desalentadoras tienen la virtud de motivar el trabajo educativo en pos de mejores resultados o quizá –y aún más desafiante- de resultados de pasos firmes para un posicionamiento internacional más honroso a corto plazo, reto para todos los profesionales de la educación, los investigadores y todo aquel comprometido y relacionado con el proceso enseñanza-aprendizaje.

El desarrollo de estrategias para la solución de estos inconvenientes a todo lo largo y ancho del país han sido muchas y muy variadas y todas y cada una buscan rebasarlos con altas expectativas ya que en ello nos va el porvenir y el progreso del país, seguiremos siendo dependientes en la medida de que no seamos capaces de desarrollar ciencia y tecnología propia, este periodo de entre 25 años en alumnos evaluados de 15 años, nos representa más de 5 generaciones de profesionalización universitaria, el impacto de este atraso es catastrófico debido al rápido avance de la ciencia y la tecnología, lo que posicionará a México en desventaja competitiva en el marco internacional para mediados del siglo XXI, nuestras expectativas de continuar así tendrían una cifra más para el siglo.

### 13.1 Métodos

Para la metodología fueron considerados los rubros de: tema a tratar, actividades de enseñanza, Material Interactivo de Reforzamiento, practica, experimentación y aplicación mediante el modelo matemático que se obtuvo, las conclusiones así como las observaciones serán discutidas por la clase para llegar al objetivo previsto, deduciendo, observando los comportamientos de los procesos o de los fenómenos. No hay ninguna rama de la matemática, por abstracta que sea, que no pueda aplicarse algún día a los fenómenos del mundo real, Lobachevski (1792-1856)10.

El proyecto de transformar el aula de clases en un salón de matemática experimental y aplicada, es la continuación de la investigación desarrollada en el año 2011 en la misma Universidad Tecnológica, en la cual estudiamos el impacto de la enseñanza de las matemáticas mediante el uso de material innovativo e interactivo en la Institución.

Para la investigación de entonces fueron seleccionados dos grupos de primer ciclo en la carrera de Mantenimiento Industrial que cursaban álgebra, el estudio de contraste se situó en determinar el impacto en clases regulares en las que utilizábamos información impresa, breves spots de anécdotas, hechos relevantes, pasajes históricos y brevarios de conceptos algebraicos, aritméticos y de personalidades dentro del universo matemático. Aunque el material es por demás sencillo, el objetivo de atraer la atención de los alumnos se vio reflejo en el interés que demostraron en las clases. Por otra parte en el segundo grupo la impartición de la asignatura se llevó a cabo mediante las actividades y el material programado.

Los resultados de la investigación publicados para el Colegio de Chihuahua en el 2012, demostraron un incremento de cinco puntos porcentuales en la cantidad de alumnos aprobados, mientras que en el grupo de contraste se sufrió un retroceso del 8% en el mismo rubro sin variables de sesgo observadas. Dentro de los avances no medibles que observamos se encuentra también la rapidez en la respuesta a los ejemplos y problemas planteados y sobre todo la satisfacción de los alumnos por participar en actividades que rompen la rutina de una asignatura tradicionalmente teórica y fortalecen la interrelación social en una clase práctica y de aplicación.

El análisis de los resultados de la investigación desarrollada para el Colegio de Chihuahua11 nos llevó a conjeturarnos:

¿Cuáles serán los resultados si además de trabajar con material interactivo llevamos el tecnología interactiva al salón de clases para que los alumnos, registren datos al instante, simulen comportamientos en relación a las funciones que obtengan de las aplicaciones físicas, para que recreen y enriquezcan los conceptos matemáticos de los temas del programa, además de las distintas maneras de desarrollar su algoritmia mediante los videos en youtube?

¿Facilitará el uso de la tecnología interactiva el proceso enseñanza-aprendizaje?

¿Será la respuesta a las interrogantes educativas que plantean los retos del llamado siglo de la informática?

Denominamos tecnología versátil a la tecnología común para los estudiantes como son: iPad, calculadoras graficadoras, calculadoras virtuales, computer algebra system y computadoras con los soft-wares necesarios para simular, resolver y analizar resultados, además del equipo necesario para el desarrollo de prácticas y experimentos ilustrativos de los temas a tratar, praxis que fortalece el desarrollo ontosemiótico de las matemáticas entendidas como una activada plural de manipulación del objeto de aprendizaje, algoritmia rigorista para la concepción teórica determinada por las institucionalidad y el contexto de desarrollo social (Godino, Batanero, Font, 2007; Planas, Iranzo, 2009)12.

¿cuál puede ser el valor agregado para usar esta tecnología si alguna de ella ha sido implementada en clases con anterioridad?

Creemos que la generación estudiantil actual crece y se desarrolla en un ambiente plagado de tecnología dinámica y versátil, mientras que la educación formal mantiene una personalidad muy conservadora y sobria al respecto o peor aún en la engañosa creencia de que para que la educación sea de calidad debe mantenerse inamovible, sin cambio tal como la conocemos y fuimos educados, olvidando que todo fluye, “Panta Rhei” (Heráclito de Éfeso, 535-475 a C) y con mayor razón en un siglo estigmatizado por las comunicaciones. Hoy la tecnología es tan común que su uso les es tan familiar a estudiantes desde muy cortas edades, es más, la consideran hasta indispensable para el fortalecimiento de sus relaciones interpersonales pero sin ningún aprovechamiento de otra índole y mucho menos en lo educativo.

Esta traslación de tecnología versátil e interactiva al aula que proponemos, no solo es llevar aparatos electrónicos al salón de clases, debe enriquecer la experiencia y el trabajo cotidiano con el uso del material innovativo usado en la primera investigación que realizamos, además con las prácticas, las experimentaciones y las simulaciones desarrolladas en su oportunidad, si bien los resultados obtenidos no muestran un diferencial de avance definitivo, si constituyen una razón determinante para iniciar investigaciones de mayor alcance.

La investigación del proyecto propuesto se llevará a cabo con alumnos de 2 grupos de la Universidad Tecnológica de Ciudad Juárez que cursen la misma asignatura, mediante un estudio comparativo y de intervención, donde, para la inclusión en el estudio los grupos serán aceptados de manera aleatoria, sin distinción de género y con la disposición de los alumnos para colaborar en la investigación.

La selección de los grupos está condicionada a que sean grupos de alumnos de la misma carrera, del mismo grado para que cursen la misma asignatura para diferenciar entre el grupo de investigación con el uso de tecnología interactiva y el grupo de contraste.

La práctica como la experimentación en matemáticas permite a los alumnos visualizar la asignatura desde un enfoque de versatilidad donde además de cumplir con un requisito curricular les da la oportunidad de demostrar o poner en práctica sus habilidades, proponer métodos de solución y estrategias para abordar los problemas y ejemplos planteados, parafraseando a Godino-Batanero (1994)<sup>13</sup>; práctica son todas las acciones que llevan a cabo los estudiantes intencionadas en la resolución de un problema matemático, una perspectiva así engloba experimentación, comprobación, simulación y modelaje matemático.

Esta iniciativa crea un ambiente entre los alumnos de pares con un fin común como el de los matemáticos profesionales. Las matemáticas así son aprovechadas para crear una comunidad con un lenguaje propio, escritura propia, con su propia inercia y con fines particulares. Las actividades singulares de esta comunidad motivan a sus integrantes a entre mezclar sus saberes y sus conocimientos, la diversidad de intereses de los participantes fomenta la pluralidad en las aportaciones que hacen, esta diversidad enriquece la experiencia tanto en lo particular como de manera grupal, además de ganarle a cada uno el respeto y un lugar en el grupo (Alsina-Planas, 2008)<sup>14</sup>.

Actualmente cualquier actividad se encontraría acéfala sin el apoyo de la tecnología, la cual en muchas instituciones pertenece al coto de poder de unos cuantos, ésta mal entendida propiedad, limita el uso y la movilidad restringiendo el aprovechamiento a las salas de computo llamadas Laboratorios de Matemáticas, laboratorios en los que no se permiten las prácticas, ni la experimentación por protección al equipo, además los programas contenidos en ella –en la tecnología- son reducidos, escasos y poco variados, amén de su breve originalidad en el mercado, donde la carrera por la vanguardia tecnológica es desigual e inalcanzable para cualquier universidad.

Recién se arriba a ella para su uso y dominio y ya está a la venta la versión más novedosa, este acelerada innovación tecnológica no permite que las escuelas de instrucción superior se encuentren equipadas con lo más reciente en el ámbito tecnológico o que ese equipamiento vanguardista les sobreviva un semestre, aunada a esta problemática se suma también los limitados espacios físicos destinados para prácticas y la especializada infraestructura requerida por los laboratorio de experimentación.

En honor a la verdad estos laboratorios tratan en la medida de lo posible atender a la mayoría de los estudiantes en horarios específicos de atención para cada clase, es imposible que todo grupo tuviera un laboratorio multidisciplinario en todo su horario y para todas sus asignatura que así lo requiriera. Estas limitantes son comunes en cada universidad o escuela de cualquier nivel, por lo que lo óptimo –creemos- es crear clases prácticas apoyadas con tecnología interactiva haciendo de cada aula un laboratorio.

La idea no es necesariamente nueva ya con anterioridad se ha propuesto hacer del salón de clases un aula lúdica o determinar con especial interés los elementos que conformen la ecología del aula para su aprovechamiento en el proceso enseñanza-aprendizaje, en su momento cada una de estas propuestas han sido desarrolladas con el propósito de romper el esquema de que las aulas son exclusivamente para los saberes teóricos, aunado a esto, las asignaturas de matemáticas han sido estigmatizadas como tal y en el salón las clases se reduce a marcador, pizarrón y cuaderno de cuadros, la práctica y la experimentación se programan para los laboratorios. Hacer prácticas en los salones de clases es parte del objetivo, la experimentación, la consulta y la simulación también además de la convivencia y la interacción grupal, elementos del proceso educativo que complementan el trabajo en matemáticas, nuestro proyecto incorpora todos estos elementos y los deriva en función del aprendizaje y la aceptación de las matemáticas como una actividad agradable y útil.

El común denominador de nuestros estudiantes no tienen acceso a la tecnología propuesta para la investigación, este factor aunque determinante no es un impedimento para realizar el estudio propuesto ya que contamos con el apoyo de la rectoría de nuestra Universidad, de la iniciativa privada y del Gobierno Federal mediante el Programa para el Desarrollo Profesional Docente (PRODEP)<sup>15</sup> para llevarlo a cabo, estas Instituciones han hecho posible que tecnología de esta naturaleza sea adquirida para los alumnos de la UTCJ, afianzando su compromiso social y su interés por la investigación universalizada. Esta restricción para el acceso y uso de la tecnología que hemos denominado versátil nos ha hecho prever la necesidad de destinar un espacio para el taller de instrucciones de uso, evitando de esta manera que ahora la tecnología se convierta en un factor de desánimo para dar alcance a los objetivos planteados por carecer de las habilidades para el dominio de los pequeños trucos y el conocimiento de los vericuetos para el uso de esta tecnología.

Es interesante observar la sensación que causa en los alumnos romper el esquema de formalidad del salón de clases y desarrollar las actividades académicas en otros ambientes ya sean culturales, deportivos o de ciencias naturales, además el uso de la tecnología versátil permite que los alumnos experimente estas sensaciones y las extrapolen en beneficio del trabajo comunitario, la resolución de planteamientos y situaciones problemáticas en matemáticas. Mucho de lo agradable que suelen ser estas actividades extracurriculares o fuera del salón de clases se debe a que los alumnos tienen la oportunidad de aportar ideas e interrelacionarse con sus compañeros sin la necesidad de guardar las formas impuestas por los docentes de la asignatura, este rubro en especial lo valuaremos mediante un cuestionario de satisfacción.

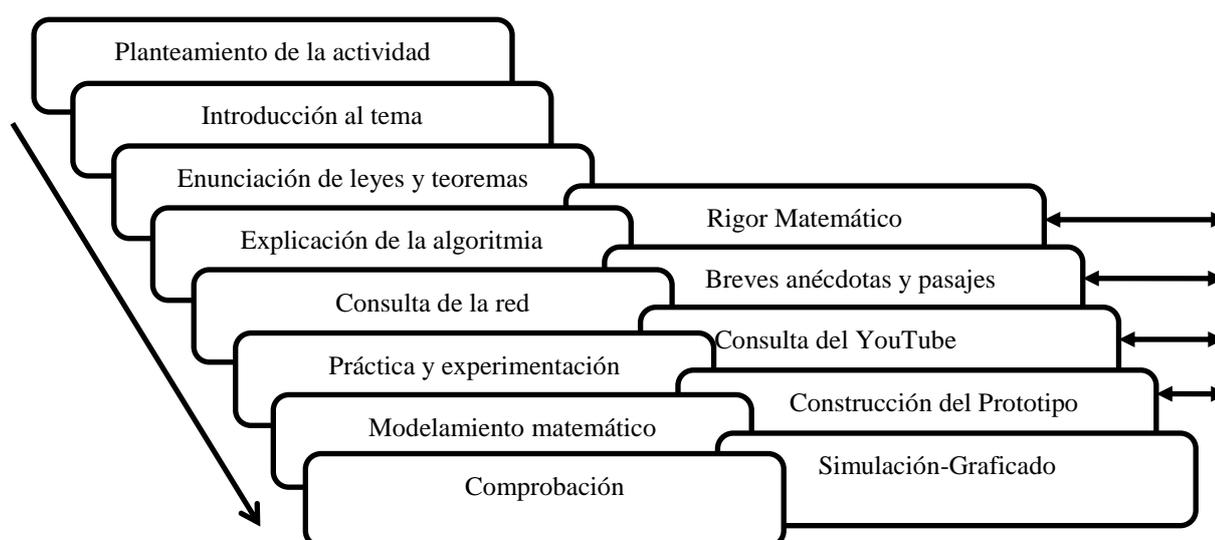
El proceso del proyecto que estudiaremos no descarta ninguna de las actividades propias de la docencia, por su parte, refuerza la actividad del profesor fomentando el autodidactismo, la síntesis, el criticismo y el acertivismo, creando un ambiente educativo por competencias, además como toda actividad práctica y experimental fomenta el conocimiento como un producto de la socialización, el trabajo co-participativo y la integración grupal. Este valor agregado para la educación en matemáticas permite, desde nuestra perspectiva, que los jóvenes universitarios descubran por si mismos los saberes trascendentes al igual que los matemáticos de profesión sienten la satisfacción por sus logros obtenidos, “Un matemático se regocija cuando logra descubrir un isomorfismo entre dos estructuras previamente conocidas. Se trata a menudo de una iluminación y se convierte en una fuente de asombro.

La percepción de un isomorfismo entre dos estructuras ya conocidas es un avance del conocimiento y sostengo que tales percepciones son lo que genera significaciones en la mente humana.” Hofstandter (1979)16.

La educación en sí, es un problema complejo en el que no solamente intervienen el radio y el perímetro de un círculo vicioso son muchos factores y de distintos índoles sujetos al momento histórico de los también muchos y muy variados contextos, por lo que no hay ni habrá una solución única, permanente y absoluta, los esfuerzos realizados cada entidad de nuestro país o en cada país del orbe es muy loable y quizá les permita a cada quien resolver su porción del problema en beneficio de los que se allegan todas las mañanas a nuestras aulas ya que si ellos crecen toda la comunidad crecemos.

Para el proceso hemos diseñado el esquema 1 de actividades aplicable en cada tema a desarrollar a lo largo del periodo regular de la instrucción escolar, como hemos referido antes las prácticas y la experimentación a desarrollar son simples y pueden perfectamente llevarse a cabo en el salón de clases, sin la necesidad de la infraestructura sofisticada propia de los laboratorios experimentales.

**La Figura 13** muestra el programa estratégico que será aplicado a una vez iniciada la investigación, a continuación se detallan los pasos a seguir en cada tema de la asignatura en la que se llevará a cabo el estudio con los grupos de investigación.



La Introducción al tema en el orden determinado por la curricula escolar, siguiendo los planes y programas de la Institución.

En el enfoque Ontosemiótico el conocimiento es una responsabilidad del contexto social, de la institución y del binomio alumno-maestro con el que se determina el cómo hacerlo, (Godino, Batanero y Font, 2007)<sup>17</sup>. Aunque los resultados son el punto de convergencia de los intereses entre el docente y el aprendiz, este binomio no determina los temas a tratar, los cuales han sido estipulados por los especialistas o directrices mediante los órganos rectores institucionales acordes a los requerimientos del entorno social en el que se desenvuelven, el proceso enseñanza-aprendizaje se encuentra supeditado a estos factores y es el currículo oculto quien determina así muy veladamente la simbología y el cariz que estructurará a la sociedad, es decir la semiótica social.

Las nuevas propuestas no se contraponen con el rigor matemático que debe estar presente en todo discurso matemático, cada saber en nuestro contexto está sujeto a sus propias leyes y teoremas los cuales rigen y validan los temas a desarrollar y los cuales además son parte del objetivo de enseñanza institucional. Planes y programas los contemplan inscritos en los saberes teóricos de los que se conforma sus temarios.

Es importante ubicar a los alumnos en el contexto en el que se desarrollaron cada uno de los saberes de las matemáticas con el fin de que los alumnos interpreten que las matemáticas son una actividad sublime del razonamiento pero con apego y aplicación a las vidas cotidianas y al entorno en el que se desarrollan comúnmente, esta actividad atrapa de alguna manera la atención y predispone a entender con mayor facilidad los temas a tratar. Quizá la denominación de actividad sublime no tendría por qué ser peyorativa si se entendiera como tal, que las matemáticas son una actividad sublime de pensamiento pero no sublimes en el sentido de inalcanzables, citando a Stewart (2005)<sup>18</sup> “muchos de nosotros creemos que no tiene sentido que los matemáticos inventen nuevos teoremas a menos que lleguen a oídos del gran público. No los detalles, por supuesto, sino el carácter general de la iniciativa”, es decir del uso y de la aplicación.

Todo saber matemático es demostrable mediante ciertos procedimientos y mecanismos operacionales, así pues la praxis es fundamental para el desarrollo Ontosemiótico, entendiendo como desarrollo, la actividad constituida por la práctica, la aplicación y la experimentación con el propósito de resolver una situación problémica en matemáticas, esta habilidad adquirida para el manejo y la introyección del lenguaje simbólico sitúa al sujeto frente al objeto en una posición destacada desde la cual puede comunicar, validar y generalizar la interpretación y solución para distintos contextos en el discurso matemático, (Godino, Batanero y Font, 2007. Planas, Iranzo, 2009)<sup>19</sup>. Esto nos recuerda la cita de Hofstadter<sup>20</sup> de lo que denominó el “Credo del Matemático” el cual resume como:

X es verdadero porque X es demostrable;  
X es verdadero, luego X es demostrable.

La pluralidad en la explicación es de vital importancia en un ambiente de pares, más aún con estudiantes inmersos en la cultura de las comunicaciones inmediatas, expeditas y recreativas, estas características marcan una cultura educativa de alumnos no vista anteriormente donde el uso de la tecnología puede determinar avances educativos sin precedentes, la tecnología usada a este nivel marcaba el hito de la ciencia ficción de un futuro lejano robotizado, pero hoy en día alta tecnología se encuentra en todos los hogares y en las manos de jóvenes y adolescentes estudiantes y del común denominador de la gente que puede ser aprovechado para el proceso educativo, donde este se transformará en un proceso diferente al que estamos acostumbrados, distinto en muchos sentidos con el que crecimos, donde la tecnología no rozaba los pupitres escolares salvo en escasas ocasiones, la tecnología reclama su lugar en las escuelas al igual que en todas las actividades del quehacer humano, nuestro tema de investigación gira en torno al impacto que tiene la tecnología versátil dentro del aula con un uso al 100% en las asignaturas de matemáticas.

Los conocimientos llevados a la experimentación y a la práctica se convierten en un saber trascendente debido a la comprobación tanto de su veracidad como de su uso y aplicación, estos saberes dejan de ser un concepto filosófico para convertirse en experiencias cotidianas. Un argumento puede decidir una cuestión, pero no nos da la seguridad de hallarnos ante una verdad, excepto si podemos comprobar por la experiencia que esta verdad lo es realmente Roger Bacon (1220-1292)<sup>21</sup>, lo representativo de la cita de Bacon es la referencia que hace de la necesidad de la comprobación en el siglo XIII.

La asignatura de matemáticas estaría inconclusa si el producto buscado no fuera precisamente el modelo matemático el cual se convierte en función y es llevado a la representación gráfica, en el proceso es fundamental en la enseñanza-aprendizaje de las matemáticas que los alumnos se apropien del concepto llevándolo al lenguaje simbólico y la codificación. Mientras que los alumnos aprehendan para sí que una función es la representación de un fenómeno o de un proceso cumpliremos con el objetivo de la conceptualización y la abstracción de los temas que nos ocupan, en un modelo educativo por competencias como es el del nuestra Institución esto representa que nuestros educandos han alcanzado el nivel deseable de autonomía.

Debemos recordar que con el propósito de contrastar los avances obtenidos, en la investigación participarán grupos de contraste en los cuales sin demeritar la calidad y la extensión de los temas del programa institucional serán abordados sin la tecnología versátil con la que se prevé llevar a cabo la investigación, no se tendrá acceso inmediato a las fuentes bibliográficas ni a las fuentes de cultura general, ni tampoco a los programas para graficar funciones o para simular el comportamientos de los fenómenos físicos, estas esperaran por los horarios previstos para que el grupo asista a los laboratorio o a las bibliotecas, de igual manera su material didáctico principal será como hasta ahora a lápiz, cuaderno y en su caso la calculadora científica básica que ha sido empleada regularmente, no queremos demeritar el trabajo que se realiza en las clases donde de alguna manera también se hacen aplicaciones y comprobaciones matemáticas, si nos referimos a lápiz y cuaderno es porque son los útiles escolares de mayor representatividad en matemáticas, el grupo de investigación no los usará, la tecnología versátil los transformarán en útiles electrónicos. Las evaluaciones a fin de contrastar resultados -siendo la misma asignatura para los dos grupos- serán las mismas para evitar variables de sesgo.

No perdemos de vista que si la tecnología a la que nos referimos ha tenido un gran impacto en nuestra sociedad es precisamente por el hecho de que fue diseñada con fines de comunicación y de esparcimiento por lo que el ponerla en manos de los alumnos sin directrices claras es dar rienda suelta a un distractor enajenante convirtiéndola en un factor más para el bajo aprovechamiento y el rezago académico, actualmente podríamos asegurar que casi en su totalidad todo profesor las prohíbe o limita durante sus clases, nuestra propuesta las permite en su totalidad con el programa que hemos estructurado que no permite que se convierta en un elemento de riesgo y sí que sea el enlace entre la cultura, el saber bibliográfico, entre el avance científico y tecnológico y el salón de clases de matemáticas.

## **13.2 Conclusiones**

El impacto de la conjunción entre dos iconos de nuestro tiempo: la tecnología versátil y la educación universitaria es el reto a demostrar. Una interrogante generalizada que transita en el ambiente docente es la duda: de que si los métodos educativos actuales del proceso enseñanza-aprendizaje responden y responderán a las necesidades de las nuevas generaciones de estudiantes para las cuales hay que destacar el uso excesivo y mal aprovechado de la tecnología, haciendo hincapié que lo mal empleado de esa tecnología es con respecto a los métodos institucionales en educación y no tanto el de los alumnos, los cuales de alguna manera están explorando esta nuevas tecnologías sobre todo por su aportación recreativa.

En la actualidad –aún bajo la preparación de los métodos constructivistas, cognositivistas y la enseñanza por competencias- la planta docente es educada con métodos tradicionales sin tecnología versátil ni compleja, concretamente sin tecnología, llanamente a lápices, a libros y cuadernos por lo cual ni por equivoco se ponen en tela de juicio la trascendencia de esa tecnología educativa para matemáticas.

En relación a nuestro proyecto retomamos el argumento que a manera de discusión externan Mochón-Rojano(2003)<sup>22</sup> en el sentido de que: existen tres aspectos en los conocimientos de los fenómenos físicos: el cultural, el conceptual y el cuantitativo matemático, estos referentes se aplican como: conocimientos que se saben, conocimientos que se conceptualizan a través de los argumentos lógicos y como conocimientos representados mediante un modelo matemático que sirve para reproducirlos o predecirlos a continuación, nosotros aunaríamos a estos aspectos del conocimiento las aportaciones obtenidas con la práctica y la experimentación.

No buscamos la panacea para resolver el problema educativo en el mundo muy apenas abordamos un problema local de nuestra comunidad chihuahuense en una propuesta que pugna por dar una oportunidad de acceder a nuestros estudiante al uso de alta tecnología y a la tecnología recreativa de demostrar que puede ser tan útil más allá de una necesidad creada para una sociedad consumista y deshumanizada.

### 13.3 Referencias

Hofstadter, Douglas. Yo soy un extraño bucle. Cap. 7 Cálculo Proposicional, apdo. ¿Sabemos si el sistema es coherente?, pp 215. 1era. edición 2009, Tusquets Editores. ISBN-978-607-421-029-3. DF, México.

Jaramillo, Castañeda, Pimienta. Qué hacer con la tecnología en el aula: inventario de usos de las TIC's para aprender y enseñar. Redalyc. Educación y educadores, Vol. 12, Núm. 2, agosto 2009, pp. 160, ISSN: 0123-1294. Universidad de La Sabana. Colombia.

Alsina, Ángel. Núria Planas. Matemática Inclusiva. Propuesta para una educación matemática accesible. Alsina cita a José Saramago en el Cap. 2 La manipulación, pp. 49. Edición 2008. Narcea. ISBN: 978-84-277-1591-2. Madrid, España.

Lorandi, Hermida, Hernández, Ladrón de Guevara. Los laboratorios virtuales y laboratorios remotos en la enseñanza de la ingeniería. Revista Internacional de Educación en Ingeniería. Academia Journals. Vol. 4, 2011, pp. 24, ISSN 1940-1116. Universidad Veracruzana. Veracruz. México.

Carbonell Miguel. Informe de resultados del Programa para la Evaluación Internacional de Alumnos PISA 2012-Resultados. OCDE. Nota País. pp. 3. 2013. México.

Margalef, Juan. Outerelo, Enrique. Matemáticas al alcance de todos. Cap. 8 Geometría hiperbólica. Pp. 319. Pearson Alhambra. Edición 2007. ISBN: 978-84-205-5011-4. Madrid, España.

Godoy, Joaquín. Rubén Fraire. Diplomado en técnicas de investigación aplicadas para el desarrollo de productos de investigación. Colección Documentos COLECH No. 1. Apdo. Intervención para facilitar la comprensión de las funciones algebraicas mediante el uso de material interactivo. Pp. 107-112. 1era. Edición 2012. Colegio de Chihuahua. ISBN: 978-607-8214-08-2. Chihuahua, México.

Planas, Iranzo. Consideraciones metodológicas para la interpretación de procesos de interacción en el aula de matemáticas. *Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa, RELIME*, Vol. 12, No. 2, julio 2009. ISSN 1665-2436. Apdo. 2.1 Perspectiva ontosemiótica y prácticas matemáticas. México.

Alsina-Planas. *Matemática Inclusiva. Propuesta para una educación matemática accesible*. Cap. 2 La manipulación. Edición 2008. Narcea. ISBN: 978-84-277-1591-2. Madrid. España.

El proyecto “El impacto de la tecnología versátil en el aula para la enseñanza de las matemáticas” es financiado por el Gobierno Federal mediante el Programa de Desarrollo Profesional Docente según Folio: PROMEP-UTCJ-PTC-032; Oficio: PROMEP/103.5/13/6091, de octubre 2013. México.

Hofstadter, Douglas. Gödel, Escher, Bach: Un eterno y grácil bucle. Cap. 2 Significado y forma en matemáticas, Apdo. abajo arriba vs. Arriba abajo, pp. 57. 1era. Edición, Colección Fabula Tusquets, 2007, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. ISBN-978-84-8383-024-6. Barcelona, España.

Stewart, Ian. Cartas a una joven matemática. Prefacio. Pp 1, Colección Drakontos, Crítica. Edición 2007. ISBN-13:978-84-8432-847-6. Barcelona, España.

Hofstadter, Douglas. Yo soy un extraño bucle. Cap. 9 Patrones y demostraciones, apdo. el Credo Matemático, pp 156. 1era. edición 2009, Tusquets Editores. ISBN-978-607-421-029-3. D.F., México.

Alsina, Claudi. El Club de la Hipotenusa. Un paseo por la historia de las matemáticas a través de sus anécdotas más divertidas. Cap. Años románticos, Apdo. Más críticas a la lógica pp. 132. Primera reimpresión agosto 2010. Paidós Mexicana ISBN: 978-607-7626-25-1. México.

Filloy, Eugenio. *Matemática Educativa: Aspectos de la investigación actual*. Cap. VII Enseñanza de la Física con tecnología: Concepciones y prácticas del maestro en el aula. Artículo de Simón Mochón, Teresa Rojano. Apdo. Introducción. Pp. 144, 1era. Edición Fondo de Cultura Económica. ISBN-968-16-7028-0. Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN, DF. México.

Cortes-Hit, Reflexiones sobre el Aprendizaje del Cálculo y su Enseñanza, art. “La Integral definida. Una propuesta de enseñanza utilizando Derive” de Camacho-Socas-Depool, apdo. 2 Fundamentos, pp. 247. Morevallado Editores, 2005. ISBN: 970-703-313-4. Morelia Mich. México.

Farfán, Rosa María. *Ingeniería didáctica: Un estudio de la variación y el cambio*. Grupo Editorial Iberoamérica, 1997. ISBN: 970-625-142-1. DF. México.

López, Carlos. *La Ciencia como Cultura*. Paidós Editorial, Colección Cromas #27, 2005. ISBN: 968-853-591-5. DF. México.

Cantoral-Farfán-Alanís, *Desarrollo del Pensamiento Matemático*. Editorial Trillas, 1era. Reimpresión, 2003. ISBN: 968-24-6229-0. ITESM. DF. México.

Filloy, Eugenio. *Matemática educativa: Aspectos de la investigación actual*. 1era. Edición Fondo de Cultura Económica. ISBN-968-16-7028-0. Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN, México.

Bautista-López-Rosenbaum, La matemática y su entorno. Col. Aprender a aprender. Editorial Siglo XXI, 1era. Edición 2004. ISBN: 968-23-2517-X. DF. México.

Alsina-Planas, Matemática Inclusiva: Propuestas para una educación matemática accesible. Narcea, Edición 2008. Narcea. ISBN: 978-84-277-1591-2. Madrid, España.

Planas-Iranzo. Consideraciones metodológicas para la interpretación de procesos de interacción en el aula de matemáticas. Revista latinoamericana de investigación en matemática educativa versión impresa ISSN 1665-2436, Relime v.12 n.2 México jul. 2009.

Planchart Orlando, artículo “La modelación Matemática: Alternativa Didáctica en la Enseñanza del Cálculo”. Catedrático Asociado de Matemáticas., (Universidad de Oriente, Venezuela). oplancha@ponce.inter.edu

Puig Luis, (1987), artículo “La Didáctica de las Matemáticas como Tarea Investigadora” ponencia presentada en el Simposium the Need for Researche on Mathematical Education, con sede en la Real Academia de las Ciencias Exactas, Físicas y Naturales en Madrid España. Puig es catedrático del Departamento de la Didáctica de la Matemática en la Universidad de Valencia España.

## **El TSU en energías renovables área bioenergía y su oportunidad de inserción en las mipymes del suroeste de Guanajuato**

Patricia Mendoza, María Uribe, Lidia Ramírez y Teresa Ramírez

P. Mendoza, M. Uribe, L. Ramírez y T. Ramírez  
Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato, Carretera Valle de Santiago-Huamimaro Kilómetro 1.2, 20 de  
Noviembre, 38400 Valle de Santiago, Guanajuato  
pcmendoza@utsoe.com.mx

M. Ramos., V.Aguilera., (eds.).Ciencias Naturales y Exactas, Handbook -©ECORFAN- Valle de Santiago, Guanajuato,  
2014.

## Abstract

At the opening of educational programs, it is necessary to identify the labor supply in the productive sector and the recruitment needs presented, which allows to determine the feasibility of a new career.

This paper presents the results of a study of labor supply, its main objective being to determine the labor supply that exists towards the productive sector (PE) (TSU) Education Program Technical Colleges in Renewable Energy Bioenergy area.

To achieve the aim of this research, the process was guided on an analytical approach, in which several variables were considered study showing the proposed labor trends PE.

The results allow us to infer that there is a 86% employment opportunities for Renewable Energy Bioenergy TSU area, therefore the area of opportunity for graduates is large, detecting a latent need of the productive sector, which will facilitate the insertion of graduates of the proposed PE.

## 14 Introducción

El Bajío es el nuevo corazón industrial de México y avanza con paso firme para convertirse en el centro manufacturero de América del Norte. La palabra clave es continuidad en políticas públicas de largo aliento, que en los últimos 15 años generaron un entorno favorable para atraer inversiones.

Es así como de la mano de la industria automotriz y aeroespacial, Guanajuato, Querétaro, Aguascalientes y San Luis Potosí desplazaron a las grandes ciudades del norte de la República Mexicana en construcción y ampliación de parques industriales, lo que representa un nuevo despertar para la región.<sup>1</sup>

De esta manera Guanajuato se convierte en un estado preocupante por mejorar su economía, teniendo la Secretaría de Desarrollo Económico Sustentable del Estado tres objetivos, que son: prosperidad, empleo y desarrollo regional equilibrado, debido a que el desarrollo de Guanajuato está muy concentrado en el corredor industrial, teniendo en 11 municipios el 86 por ciento de la generación de riqueza.<sup>2</sup>

Es así como se observa un crecimiento para el estado de Guanajuato, y se auguran oportunidades de desarrollo para muchos de sus municipios, enfocándose a la ciudad de Valle de Santiago, se puede mencionar que ésta se encuentra ubicada cerca del corredor industrial del Bajío, comprendiendo desde Apaseo el Grande hasta San Francisco del Rincón, eje que cruza las más importantes poblaciones en el Estado, logrando con esto una oportunidad económica importante.

Por parte de la Secretaría de Desarrollo Económico Sustentable, se proyecta que en los próximos dos años se tiene previsto desarrollar en Guanajuato siete nuevos Parques Industriales, los cuales alojarán a 200 empresas proveedoras principalmente de las armadoras automovilísticas, que están interesadas en establecerse en Guanajuato.

---

<sup>1</sup> <http://www.excelsior.com.mx>

<sup>2</sup> <http://www.elfinanciero.com.mx/>

Destacó que uno de estos parques es precisamente el “Bajío Industrial Park” que se construirá en Salamanca, mientras que se encuentran proyectados para su construcción en Celaya, Valle de Santiago, Abasolo y en la zona norte del estado; logrando con esto diversificar el desarrollo económico fuera del Corredor Industrial.

Es así como nace SENDAI Parque Industrial, siendo una Sociedad Anónima Promotora de Inversión, el cual se ubicará sobre la carretera 43 a 13 kilómetros del corredor industrial León, Silao, Irapuato, Salamanca y Celaya. Esto permitirá impulsar la actividad industrial en el Estado de Guanajuato, ofreciendo servicios de primer nivel generando oportunidades de negocio de cualquier empresa.<sup>3</sup>

Es importante mencionar que después de establecerse un complejo industrial llegan a ubicarse empresas proveedoras a su alrededor, lo que permite un crecimiento rápido en industrias, comercializadoras, manufactureras e incluso un aumento en los servicios de salud, alimentos, educación, entre otros.

De igual forma se debe hacer referencia al indicador de la población ocupada en la zona de influencia, la cual es de 473,195 personas, siendo los municipios de Abasolo, Huanímaro y Pénjamo los que cuentan con un índice porcentual mayor en el sector primario, con lo que respecta al sector secundario, Moroleón, Uriangato y Salamanca, son los que presentan mayor índice, observando así circunstancias favorables en cuestión al aspecto laboral.

De acuerdo a lo anterior, se requerirá de egresados que cuenten con conocimientos técnicos, prácticos y científicos en el uso y aprovechamiento de la energía, así como con la habilidad en la aplicación y uso de los recursos renovables, coadyuvando en los proyectos, estrategias y planes a favor de la economía empresarial dentro de la región.

Por lo tanto, esto sustenta el estudio de oferta laboral presentado en este trabajo, identificando oportunidades de incursión laboral para los Técnicos Superiores Universitarios (TSU's) en Energías Renovables área Bioenergía.

#### **14.1 Materiales y métodos**

Se desarrolló un estudio de detección de oferta laboral, teniendo como población las Micro, Pequeñas y Medianas empresas de la región suroeste del estado de Guanajuato.

El diseño de muestra garantizó que en las estimaciones generales el error no sobrepasara  $\pm 5.0$ , teniendo una confianza de 91%, arrojando un muestra 85 MiPyMes; las cuales fueron seleccionadas de 11 municipios: Abasolo, Huanímaro, Irapuato, Jaral de Progreso, Moroleón, Pénjamo, Pueblo Nuevo, Salamanca, Valle de Santiago, Uriangato y Yuriria.

El estudio se realizó a través de entrevistas cara a cara, utilizando como herramienta de recolección de datos un cuestionario, previamente estructurado.

---

<sup>3</sup> [www.sendai.com.mx](http://www.sendai.com.mx)

## 14.2 Resultados y discusión

Teniendo un total de 85 empresas, la ciudad de Irapuato registró un 34% con un mayor número de MiPyMes encuestadas. Referente al tamaño de las empresas, Salamanca cuenta con 33% micro empresas, Irapuato tiene un 40% de tamaño pequeñas, un 38% son medianas y el 27% son grandes; por lo que se observa que este municipio tiene gran porcentaje de empresas localizadas en su zona geográfica.

En relación a la contratación de TSU en el área de Energías Renovables área Bioenergía, el 86% expresó que estaría dispuesto a su contratación y un 14% considera que no es importante.

Del 86% que mencionó que es importante contar con TSU en el área Energías Renovables área Bioenergía, un 50% comentó que dentro de los próximos 5 años no tiene planeado implementar tecnología en esa área, un 22% considera implementar nuevos aparatos, el 11% mejorar sus instalaciones y 16% no respondió a dicha pregunta.

En lo que se refiere a cuantos TSU's contratarían para el área de Energías Renovables área Bioenergía, el 76% mencionó que solo contratarían a uno, 9% a dos, con el mismo porcentaje a más de 3 personas y un 6% a 3 personas.

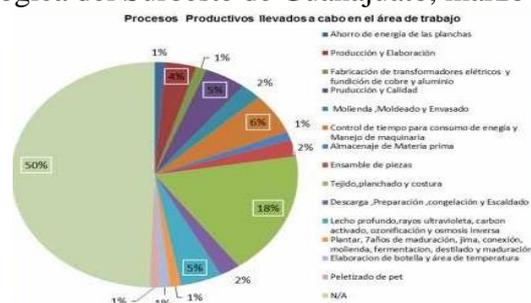
En lo que se refiere al salario, el 50% de las empresas estarían dispuestas a pagar de \$4,000.00 a \$5,000.00 mensuales, 32% más de \$5,000.00 mensuales y 18% menos de \$3,000.00 mensuales. Es importante mencionar que las empresas dieron a conocer las posibles oportunidades laborales para los TSU's en Energía Renovables, considerando el tamaño de las mismas (ver Figura 1), sin embargo se debe señalar que las posibles contrataciones se engloban a 61 egresados.

**Grafico 14** Oportunidades laborales por tamaño de las empresas



En cuanto a los procesos productivos que se realizan dentro del área de trabajo de cada una de las MiPyMe's, se encuentran los tejidos, planchados y costura con un mayor porcentaje del 18%.

**Grafico 14.1** Investigación de campo realizada por los alumnos egresados de la Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato, marzo de 2014



La identificación de los procesos productivos que realizan las empresas permitió conocer las áreas de oportunidad de trabajo que se presentan en las empresas de la región.

En cuanto a las contrataciones posibles por parte de las empresas clasificadas por tamaño, se observa que las medianas se interesarían por el 43% de TSU's en Energías Renovables área Bioenergía, las grandes en un 30%, las pequeñas en un 15% y las micro en un 12%.

Referente a los conocimientos que requieren que tenga un TSU en Energías Renovables área Bioenergía para desarrollarse dentro de las empresas, son:

- Conocimiento en sistemas eléctricos.
- Producción, almacenamiento, conductividad, estudios de rentabilidad de la bioenergía.
- Comportamiento de la energía, como se produce y como se comercializa.
- Cuestiones para rendir energía y cómo ahorrar energía.
- Manejo de maquinarias.
- Tendencias de la energía renovable.
- Sistema ambiental.
- Lo referente a las celdas fotovoltaicas.

Haciendo énfasis a las habilidades requeridas de los egresados al momento de su posible contratación, expresaron lo siguiente:

- Manejo de personal.
- Manejo de nuevas tecnologías.
- Conciencia en cuidado del medio ambiente.
- Trabajo en equipo.
- Liderazgo.
- Resolución de conflictos.

En cuanto a los valores y actitudes, mencionaron la necesidad de que existieran en las personas lo siguiente:

- Responsabilidad.
- Paciencia.
- Proactividad.

### 14.3 Conclusiones

En base a los resultados obtenidos con el análisis del estudio realizado a las empresas, se detectó que un 86% de las empresas considera conveniente contar con un Técnico Superior Universitario en Energías Renovables área Bioenergía y comparten su interés en contratar a egresados en esta carrera; un 54% de los empresarios comenta que debido a gestiones externas que se deben de realizar a los diferentes mandos y debido a que no se contemplan cambios tecnológicos dentro de esta área no llevarían a cabo dicha contratación en los siguientes 2 años. El campo laboral para la carrera de Energías Renovables área Bioenergía existe; ya que las empresas consideran esta carrera como una carrera del futuro.

Una vez analizados los resultados arrojados por el estudio, se detectó que del total de empresas, la mayor concentración de oferta laboral dentro de la zona de influencia se encuentra en la ciudad de Irapuato, en una proporción menor se encuentran la ciudades de Salamanca, Moroleón y Uriangato.

Se concluye que existe una oferta laboral para los TSU's en Energías Renovables área Bioenergía, por lo tanto el nivel de área de oportunidad es amplio para las universidades, pues deben diseñar estrategias para la apertura de estos Programas Educativos que lograrán colocar a sus egresados en este campo de trabajo.

Se recomienda tener una relación entre el Laboratorio de Análisis de Materiales del Centro Mexicano de Energías Renovables, S.C., Instituciones Educativas de Nivel Superior y MiPyMe's de la región Suroeste del estado de Guanajuato, con la finalidad de trabajar en conjunto para desarrollar la industria y coadyuvar más a la economía de la región.

### 14.4 Referencias

Excelsior en línea. <http://www.excelsior.com.mx/nacional/2013/06/02/902058>. Visitado el día 30 de enero de 2014.

El Financiero. Artículo: Mazda construirá en Salamanca el parque industrial "Bajío Industrial Park". Negocios. Jueves 23 de mayo de 2013.

<http://www.elfinanciero.com.mx/component/content/article/45-negocios/15829-mazda-construira-en-salamanca-el-parque-industrial-bajio-industrial-park.html>. Visitado el día 30 de enero de 2014.

<http://www.sendai.com.mx/>. Visitado el día 04 de febrero de 2014.

El rezago educativo de la población mexicana. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Edición sede. 2004. ISBN: 970-13-4395-6

[http://www.inegi.org.mx/prod\\_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/continuas/sociales/educacion/2004/El%20rezago%20educativo%20en%20la%20poblaci%C3%B3n%20mexicana\\_1.pdf](http://www.inegi.org.mx/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/continuas/sociales/educacion/2004/El%20rezago%20educativo%20en%20la%20poblaci%C3%B3n%20mexicana_1.pdf)

INEGI. Censo de Población y Vivienda 2010: Tabulados del Cuestionario Ampliado. Población ocupada y su distribución porcentual según sector de actividad económica para cada municipio. Fecha de elaboración: 21/09/2011

<http://www3.inegi.org.mx/sistemas/tabuladosbasicos/default.aspx?c=27303&s=est>. Visitado el día 06 de Febrero de 2014.

La Política económica de Guanajuato, reportaje especial de Negocios empresas. <http://www.negocioempresas.com.mx/la-politica-economica-de-guanajuato/> Visitado el día 06 de Junio de 2014.

Plan Nacional de Desarrollo 2013 – 2018.

Plan Municipal de Desarrollo de Valle de Santiago, Guanajuato 2013 – 2035.

Vera, A. El Subsistema Nacional de Innovación en Biotecnología: el papel de los centros de investigación en México. <http://revistas.bancomext.gob.mx/rce/magazines/362/5/RCE5.pdf>

## **Emisión de BTEX por las gasolineras, proximidad geográfica y síntomas neurológicos en residentes de Ensenada, Baja California, México**

M. García, E.Arellano, L.Walter, I.Espejel, M.Villada, P.Aceves, M.Quintero.C.Von,C.Arredondo, R.Eaton

M. García, E.Arellano, L.Walter, I.Espejel, M.Villada, P.Aceves, M.Quintero.C.Von,C.Arredondo, R.Eaton

CICESE/Física Aplicada Carretera Ensenada-Tijuana No. 3918 Zona Playitas Código Postal 22860 Ensenada, B.C. México,

Universidad Autónoma de Baja California, Facultad de Ciencias, Km. 103 Carretera Tijuana – Ensenada Baja California C.P. 22860,

Universidad Autónoma de Baja California, Instituto de Investigaciones Oceanológicas, Km. 103 Carretera Tijuana – Ensenada Baja California C.P. 22860,

Universidad Autónoma de Baja California ,Instituto de Ingeniería, , Av. de la Normal S/N, Col. Insurgentes-Este, Mexicali, B.C. 21280,

Colef, Escénica Tijuana-Ensenada Km 18.5, San Antonio del Mar, 22560 Tijuana, Baja California,

Universidad Autónoma de Baja California, Facultad de Ciencias Marinas, , Km. 103 Carretera Tijuana – Ensenada Baja California C.P. 22860

margarci@cicese.mx

M. Ramos., V.Aguilera., (eds.).Ciencias Naturales y Exactas, Handbook -©ECORFAN- Valle de Santiago, Guanajuato, 2014.

## Abstract

Human exposure to volatile organic compounds, such as benzene, toluene and xylene (BTEX), has several short and long term health effects on men, women and children because these compounds have the ability to interact with the genome and the epigenome during the process of cell division in somatic and germ cells. Emissions of BTEX by the presence of gas stations in the urban area, has been associated with increased risk to the health of the population. The objective of this study is to design early warning indicators of preventive, to identify the potential damage that represents the geographic proximity to point sources of hydrocarbon emissions for exposed individuals. The utility is that the bodies responsible for the regulation and environmental monitoring can rely on relatively simple to make and monitor indicators inexpensive. Neurological Symptoms Questionnaire and Psychological (PNF) was used to assess the type and degree of neurologic involvement in a sample of 370 people in the city of Ensenada, Baja California, Mexico. The data obtained are specialized in Geographic Information System. The results indicate a greater presence of BTEX in the areas closest to filling stations and people living near gas stations and the employees themselves have clinical, behavioral and psychophysiological alterations by exposure to BTEX is demonstrated. Indicators derived from the questionnaire showed its effectiveness in Ensenada and is proposed as a simple procedure to establish the technological vulnerable to risks within the urban area by presence of BTEX areas. These results were delivered to the involved local and state authorities in decision-making, since due to the lack of clear regulations to protect the inhabitants of the vicinity of gasoline service stations in Mexico, such methodologies can implement and incorporate disminor legislation for environmental, health and social impact in environmental and occupationally exposed population.

## 15 Introducción

Se ha establecido que cerca de un 80 % de los padecimientos de salud en las personas, están relacionados con la contaminación ambiental, especialmente durante el periodo prenatal, perinatal y la infancia (Ribeiro 2003; Harare, 2006).

Una fuente importante de contaminación por compuestos orgánicos volátiles (COVs) son las gasolineras que generan emisiones fugitivas durante los procesos de carga y descarga de combustibles (Radian Internacional, 1996). Los efectos a la salud de los BTEX (benceno, tolueno, etilbenceno y xileno) son conocidos desde hace varias décadas (Hogstedt, 1992).

De todos ellos el benceno es el que se considera más peligroso por estar clasificado como un producto carcinógeno y genotóxico de categoría 1. No existe un umbral específico para la concentración de benceno por debajo del cual pueda considerarse que la salud humana no está en peligro.

Las regulaciones establecidas por la Occupational Safety & Health Administration de los E.U.A (OSHA, 1999), limitan la exposición laboral a benceno a un máximo de 1 ppm en promedio durante una jornada laboral de ocho horas.

Durante la última década se ha demostrado que la población expuesta incluso a bajas concentraciones de COV's muestran trastornos neurocomportamentales (Hunting et al., 1991; Savolainen, 1979).

Dicha exposición incluso provoca problemas más críticos de la salud pública como alteraciones neurotóxicas que se expresan inicialmente en cambios sutiles de la función psicológica y el comportamiento.

Una sustancia neurotóxica es capaz de interferir en la función normal del sistema nervioso central (SNC) y causar daño celular irreversible, muerte celular o ambas cosas. Los síntomas no se reconocen fácilmente por los métodos de diagnóstico clínico convencional ya que sus manifestaciones son expresiones de amplio rango de disturbios de la función neuro-psicológica, psicosis y otros desordenes afectivos, disminución de la memoria y pérdida de atención, fatiga y disturbios visuales.

La salud de las personas ha sido afectada en los últimos años como consecuencia de los avances tecnológicos y el desarrollo de las grandes urbes, permitiendo que surjan elementos ambientales asociados con la condición de salud. Las investigaciones realizadas en los últimos años acerca del efecto de los COV's, se han concentrado en sus efectos neurotóxicos, debido a la afinidad de estas sustancias con el tejido nervioso. Como resultado pueden producir diversos efectos en el sistema nervioso central y periférico, los cuales se traducen en alteraciones neuropsicológicas, afectivas y de la personalidad.

La gran mayoría de los disolventes orgánicos tienen la característica de causar trastornos no específicos del sistema nervioso (SNC), debido a su liposolubilidad que los hace afín a todos los tejidos con alta cantidad de grasa como son el cerebro o médula espinal, es posible deprimir al tejido nervioso en cualquier nivel (Chen, 2001; OMS, 1982; Edling et al., 1990; Greenberg, 1992; Costa, 2012; Meyer-Baron, 2008).

Las pruebas neuroconductuales o baterías de evaluación neuropsicológica son instrumentos que pueden ser aplicados por el especialista en salud ocupacional para tomar decisiones preventivas antes de que se produzcan lesiones irreversibles por exposición a BTEX. Los efectos tóxicos de estas sustancias químicas en el cerebro humano en desarrollo y sus mecanismos de acción no se conocen suficientemente y la infancia podría estar desprotegida ante su uso, solo parcialmente regulado (Grandjean, 2006).

Sin duda, es necesario generar un diagnóstico preventivo de las intoxicaciones crónicas mediante indicadores que permitan la detección del problema en estadios tempranos y así evitar que los daños al sistema nervioso se instalen y sean irreversibles (Hakkola, 1994). Esta es la razón por la que la necesidad de nuevos enfoques de precaución, que reconozcan la especial vulnerabilidad del cerebro en desarrollo y lleven a un mejor control de BTEX.

Dado lo anterior, el objetivo de este artículo es hacer un mapa cualitativo del riesgo, mostrar las áreas factibles a encontrar problemas ambientales, donde hay una probabilidad alta de que un desastre pueda ocurrir.

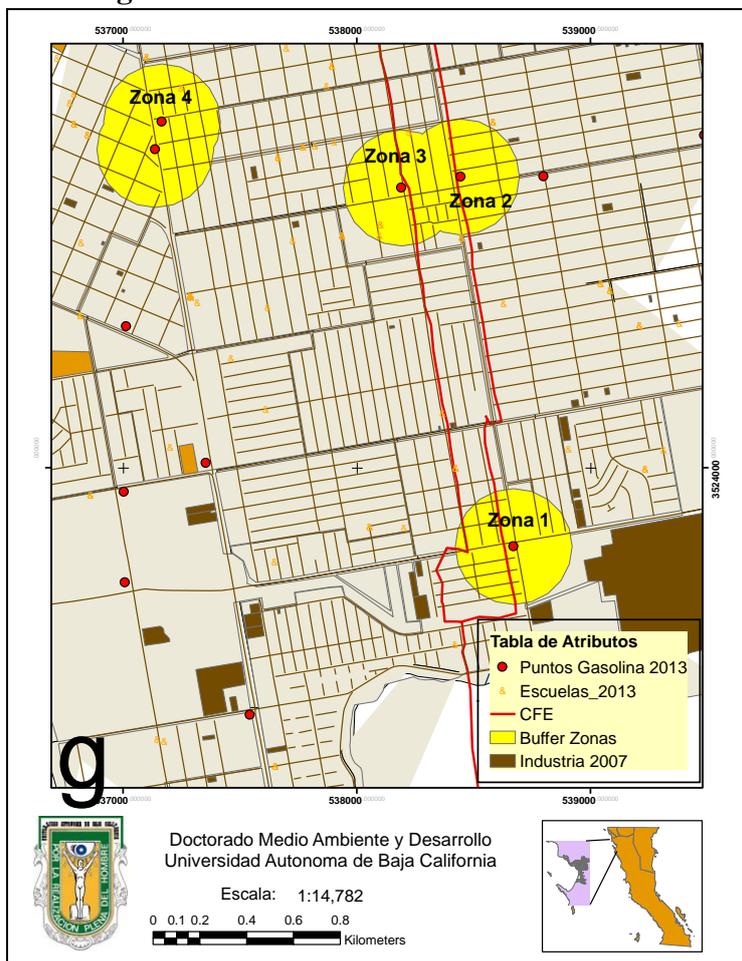
## **15.1 Metodología**

### **Área de estudio y factores de emisión**

El centro de población de la ciudad de Ensenada Baja California, México, está situado a 31 ° 52' de latitud norte y a 116 ° 37' de longitud oeste. Dicho centro de población, en general, se caracterizan por tener una topografía plana (pendiente < 30°) y con elevaciones hacia la zona Oriente. La temperatura promedio anual de la ciudad de Ensenada es de 17.1°C; con una precipitación promedio anual de 262.7 mm, y humedad relativa máxima de 69.8% y mínima de 43.9% (CNA, 2003). Los vientos dominantes durante la mayor parte del año, provienen del Noroeste y Sureste, siendo especialmente notorios durante el invierno, con ligeras variaciones estacionarias en verano de Oeste a Este y algunos vientos ocasionales del Este como la "condición santana" (cálidos y secos) principalmente durante el otoño (Rivera-Ju, 2002).

Hay 37 gasolineras distribuidas en la zona urbana de Ensenada, y como en todo el país, corresponden a una compañía distribuidora: PEMEX. Se seleccionaron cuatro estaciones de servicio para la evaluación de la población expuesta a hidrocarburos aromáticos como se señala en ubicación de los puntos de muestreo (Figura), como muestra representativa de Ensenada.

**Figura 15** Ubicación de las zonas de estudio



Las emisiones de BTEX se calcularon con base en el procedimiento diseñado por la Environmental Protection Agency (EPA) utilizando los valores de factores de emisión durante el trasiego del combustible desde las pipas transportadoras hasta los depósitos de la gasolinera y de las bombas de gasolina hacia los tanques de los automóviles, dichos factores de emisión representan la tasa media a la cual se emite un contaminante a la atmósfera, durante ésta actividad (EPA, 1973).

El valor correspondiente a la totalidad de contaminante emitido se obtiene multiplicando el factor de emisión específico para una operación determinada, por la cantidad de material cargado o combustible utilizado en el proceso.

Hoy en día existen diferentes fuentes de consulta para obtener un factor de emisión para proceso en particular, como se puede consultar en el documento AP-42 Compilation of Air Pollutant Emission Factors (U.S. EPA, 1995a)

## **La Batería de Síntomas Neurológicos y Psicológicos (PNF)**

El tamaño de la muestra se calculó a partir de las recomendaciones Hernández-Sampieri et al. (2006) y ascendió a 384 personas y se determinó con base en la población de Ensenada del censo 2010 que es de 279,765 personas (INEGI 2010) utilizando un nivel de confianza del 95%. Se aplicaron 370 cuestionarios de Síntomas Neurológicos y Psicológicos (PNF) que fue diseñado por el Instituto de Medicina del Trabajo de Alemania por Schreider H., Baudach H., Kempe H., Seeber A., 1975 y estandarizado para población latina en su versión 3, por Almirall et al., (1983, 1987).

Estudia los sistemas funcionales de organización de la actividad psíquica del sistema nervioso central y el estado de salud.

El instrumento permite determinar mediante indicadores, los sistemas funcionales de organización de la actividad psíquica del sistema nervioso central y del estado de salud.

El cuestionario se aplicó cara a cara, el encuestador hizo las preguntas y anotó las respuestas. Se contó con un grupo de seis encuestadores a quienes se capacitó para que la aplicación fuera de manera similar.

Los sujetos a los que se aplicó el cuestionario se eligieron en un radio de 250m alrededor de la fuente de emisión de manera aleatoria por las calles de la ciudad hasta completar la muestra requerida, excluyendo a los sujetos menores de 15 y a los mayores de 90 años.

Si varios miembros de una familia se encontraban juntos al momento de la aplicación solamente se completó el cuestionario a un miembro de esa familia.

Los datos se capturaron y trabajaron en el paquete estadístico STATISTICA<sup>®</sup> 8.0.360.0 para Windows.

### **Análisis espacial**

La evaluación espacial de la exposición que aquí se plantea para evaluar el impacto de posibles emisiones a la atmósfera desde las estaciones de servicio ubicadas dentro de la mancha urbana de Ensenada Baja California, representa una modificación del método para la Evaluación de Salud descrito por la Agencia para las Sustancias Tóxicas y el Registro de las Enfermedades (ATSDR, 2007).

Para la aplicación de los modelos de localización-asignación en formato vectorial se empleó el software Arc/Info<sup>®</sup>.

Esta estrategia de integración con SIG proporcionará acceso a una interfaz de usuario consistente y estructurado de datos (Bennett, 1997).

Con los planos y la información obtenida se procedió al análisis del área de estudio formando una base de datos para los mapas temáticos con los datos epidemiológicos como lo proponen Elliott y Wartenberg, (2004).

La información requerida para ejecutar, se basó en la identificación física y por medio de imágenes del GOOGLE MAP<sup>®</sup> para la delimitación del área de estudio.

La cartografía de la enfermedad permite la visualización los patrones espaciales de la salud en una resolución definida una de las técnica de predicción espacial más empleada es el Kriging, dicha técnica nos proporciona una superficie que se aproxima a nuestros datos de contaminación en toda la zona de estudio y que intenta recoger las principales características del modelo estudiado.

El modelo Kriging, además de tener en cuenta la localización de los puntos observados (longitud/latitud), puede ser completado con el uso de covariables de interés, como pueden ser los datos meteorológicos (temperatura, viento), orografía, estructura urbanística (altura edificios, anchura de las calles), etcétera.

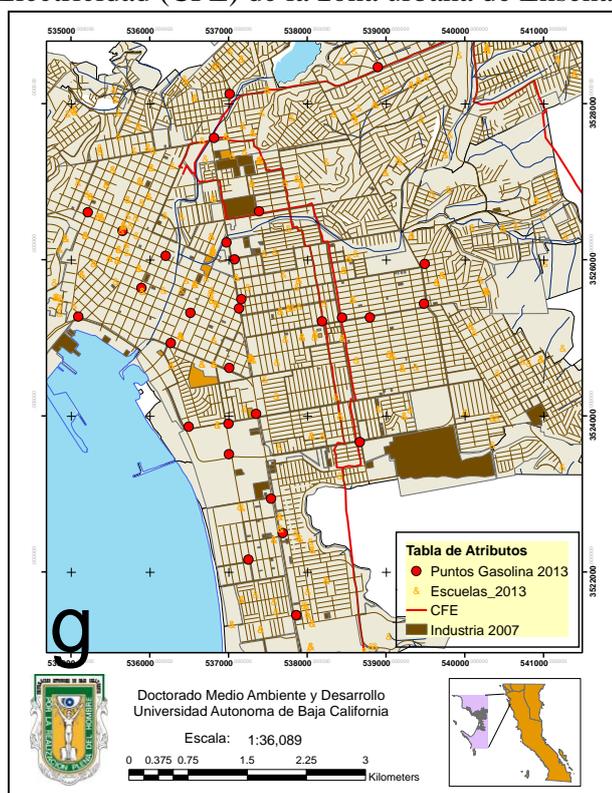
## 15.2 Resultados y discusión

Las 37 estaciones de servicio están ubicadas principalmente en zonas de alta densidad poblacional y tráfico vehicular, como se observa en la figura 2.

De manera especial destacan las siguientes estaciones de servicio para el 2012 por sus altos valores de emisión a la atmosfera de COV's: la estación EO2603 con una emisión ambiental de 7.2 t/a, la estación de servicio EO2604 con una emisión ambiental de 5.99 t/a, la estación EO2605 con 5.57 t/a y la estación No EO2425 con una emisión de 2.94 t/a.

Del análisis de las emisiones atmosféricas, depende que la metodología aplicada ha sido adecuada para alcanzar el objetivo propuesto; además, desde el punto de vista cartográfico, la representación por celdas y la desagregación de la información por el contaminante, se considera que ha sido de gran utilidad.

**Figura 15.1** Muestra con puntos en rojo la ubicación de las estaciones de servicio que operan actualmente, con puntos más pequeños en naranja se indican los centros escolares, los sitios marcados en café corresponden industrias, las líneas en rojo señalan el cableado de alta tensión de la Comisión Federal de Electricidad (CFE) de la zona urbana de Ensenada Baja California



Para este análisis, ya que permitió disponer de una visión generalizada de la situación urbana y al mismo tiempo observar con detalle el umbral del benceno como contaminante urbano.

### Cuestionario de Síntomas Neurológicos y Psicológicos (PNF):

El resultado del Cuestionario de Síntomas Neurológicos y Psicológicos (PNF) para el área de la población expuesta por la presencia de gasolineras se describe en la (Tabla 1).

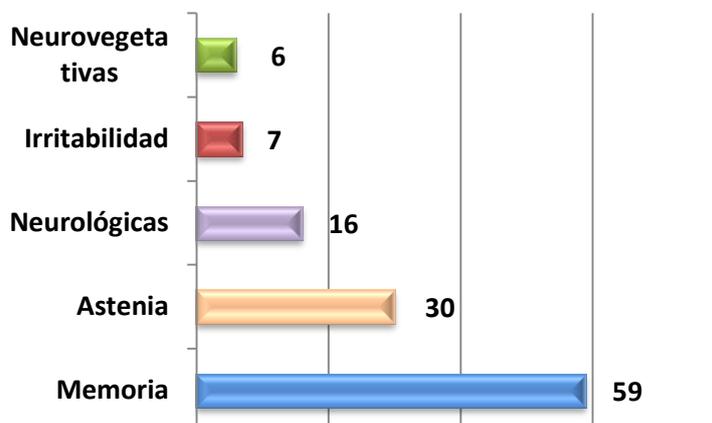
**Tabla 15** Clasificación general resultados PNF  
Clasificación General de los resultados de la prueba de (PNF), por exposición a COV's

	N	%
Población evaluada	370	
Efecto Moderado	90	24.3
Efecto Sobresaliente	28	7.56

Como se puede observar en la Tabla 1 el 32% de la población ambientalmente expuesta a COV's que fue evaluada con el instrumento PNF, presenta efectos entre moderado y sobresaliente, lo que permite inferir que sí hay afectación por la inhalación de COV's en el medio ambiente.

La relación del aporte de cada función cognitiva evaluada con el instrumento aplicado a las personas que residen en las inmediaciones de las gasolineras, se describe en las Figura 3, en la cual se observa alteraciones severas de la concentración y la memoria, así como indicios de irritabilidad en el comportamiento de la población encuestada.

**Figura 15.2** Resume las funciones cognitivas en orden de afectación por exposición ambiental hidrocarburos aromáticos



La información relacionada con las características demográficas de la muestra estudiada, que estuvo conformada por 370 personas, distribuidas en 4 zonas Figura 3 dentro de la mancha urbana de Ensenada B.C, de los cuales 170 (46 %) corresponden al sexo masculino y 197 (54 %) al sexo femenino.

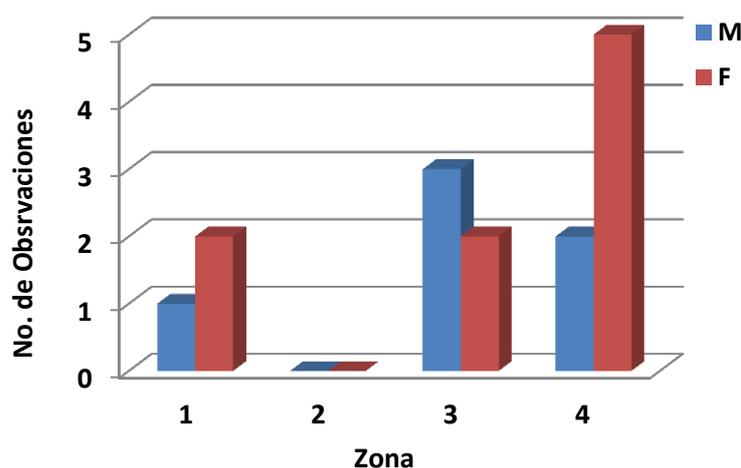
Las pruebas de concentración y atención, evalúa la capacidad para orientar y mantener la atención ya sea a estímulos visuales o auditivos. Esta capacidad es el precursor del aprendizaje y la memoria; esta prueba permite detectar los efectos debidos a la exposición a BTX en el rendimiento del comportamiento.

Todos los problemas anteriormente citados provocan disminución en la calidad de la salud ambiental, dentro de los problemas relacionados con la exposición de los habitantes, se muestra como un grupo de alto riesgo.

De las personas evaluadas del grupo muestra, presentan efectos de déficit de atención entre moderadamente y sobresaliente, que incluyen síntomas tales como: distraerse fácilmente, dificultad para recordar cosas sencillas (nombres, personas), falta de memoria, estar distraído, dificultad para concentrarse, que pueden comprometer alteraciones en el desempeño de funciones neurológicas atribuibles a posible contaminación o intoxicación.

Los valores de la población expuesta para la variable (K) con las características de moderado o sobresaliente se observan en la gráfica 4, la cual reflejó una diferencia significativa ante la presencia de alteraciones neuroconductuales en la población expuesta a BTX, por la presencia de estaciones de servicio dentro de la zona urbana, donde se evidenció una diferencia altamente significativa para la zona 3 y 4 siendo las zona la de mayor venta de gasolina en los últimos 3 años; cabe destacar que el ítem estudiado de concentración y memoria, resultó ser el más afectado, esto corresponde a las alteraciones de la esfera cognitiva, descrita por exposición crónica.

**Figura 15.3** Frecuencias por zona y sexo para la variable K (alteraciones neuroconductuales) con puntajes de afectación sobresaliente



Se observa que hay diferencias significativas en esta esfera entre los grupos expuestos, incremento en la tasa de efectos adversos en el neurocomportamiento para el hombre. Tales efectos incluyen síntomas subjetivos reversibles como la irritabilidad, fatiga y quejas de memoria y también cambios persistentes de la personalidad o el humor y deterioro de la función intelectual (deterioro en la habilidad de aprendizaje, memoria y concentración; a esta patología clínica se le conoce como “síndrome orgánico cerebral” (Deschamps D, 1993) que afecta básicamente las funciones de la memoria operativa y la capacidad intelectual.

Estudios epidemiológicos con significancia estadística han demostrado incremento en los efectos del neurocomportamiento en la población y trabajadores crónicamente expuestos a BTX. En la revisión actual, en la bibliografía se encuentra una coincidencia en los hallazgos, en las alteraciones que se consideraban comprometidas dentro de las funciones cognitivas, tales como, la memoria a corto plazo y la memoria visual.

En síntesis, los efectos del neurocomportamiento secundarios a la exposición crónica ocupacional a los solventes aromáticos BTX y/o la mezcla de éstos, son alteraciones de la memoria y el aprendizaje.

Sin embargo, con respecto a la dosis o niveles necesarios para que se presenten alteraciones crónicas, es claro que se necesitan más estudios para confirmar estos resultados de detrimento en las pruebas de la memoria con la exposición al BTX a niveles bajos.

Para la Escala Astenia (A) que se refiere a manifestaciones tales como: no tener ánimos para trabajar, sentirse hastiado de todo, no tener interés para nada, lentitud de los movimientos, no tener energía y no querer saber nada de nadie, la cual es una verdadera epidemia de la época actual, representando el motivo de consulta principal en el 10 - 30% casos de atención clínica ambulatoria (Kremer A, 2002). Predomina con un rango entre 20 y 50 años, en nuestro país.

El grupo muestra se registra una diferencia por el tipo de afectación de astenia del 8%. A si mismo registra un indicador de astenia del 5% para hombres y de un 3% para mujeres, observando incremento en la tasa de efectos adversos neurocomportamentales para el hombre así como una presencia mayor en la zona 3. Este hallazgo en el comportamiento del grupo muestra, es relevante presencia de este tipo de síntomas en las exposiciones a neurotóxicos.

Escala Irritabilidad (E) en numerosos cuestionarios estandarizados y pruebas se han usado para evaluar el estado de ánimo y de la personalidad, es uno de los primeros aspectos donde funcionan los cambios debidos a neurotóxicos donde se puede observar irritabilidad; la depresión y la inestabilidad son los cambios de humor que se informa, que ocurren en las primeras etapas de neurotoxicidad. El grupo muestra se registra, un indicador de irritabilidad del 4% observando incremento en la tasa de efectos adversos neurocomportamentales, en relación a la magnitud de las tasas de incidencia por género, se observó que éstas fueron mayores en los hombres así como una presencia mayor en la zona 3.

Las concentraciones de COV's en el exterior de las viviendas en las cuatro zonas de estudio se representaron en mapas con objeto de identificar su distribución espacial para identificar mejor la distribución espacial de las concentraciones de BTEX se utilizó los rangos de concentración de benceno, lo cual permite identificar las diferentes concentración de BTEX a estos se les consideran tipo primarios (cuando están presentes tal como fueron emitidos).

Según su tamaño, las partículas se depositan cerca o a cierta distancia de la fuente de emisión. Si son muy pequeñas pueden mantenerse suspendidas y ser transportadas a grandes distancias. Cuando las partículas cuyo diámetro aerodinámico es  $\leq 2,5 \mu\text{m}$  alcanzan fácilmente los bronquiolos terminales y los alvéolos, desde donde pueden ser fagocitadas por los macrófagos alveolares y atravesar la barrera alvéolo-capilar para ser transportadas hacia otros órganos por la circulación sanguínea.

Más recientemente se han descrito las partículas “ultrafinas” cuyo diámetro es aún menor ( $\leq 0,1 \mu\text{m}$ ) y pueden pasar directamente desde los alvéolos al torrente circulatorio. Las partículas pueden contener compuestos orgánicos como los hidrocarburos aromáticos. Estos efectos son múltiples y pueden afectar a los diferentes órganos y sistemas con diversos grados de intensidad.

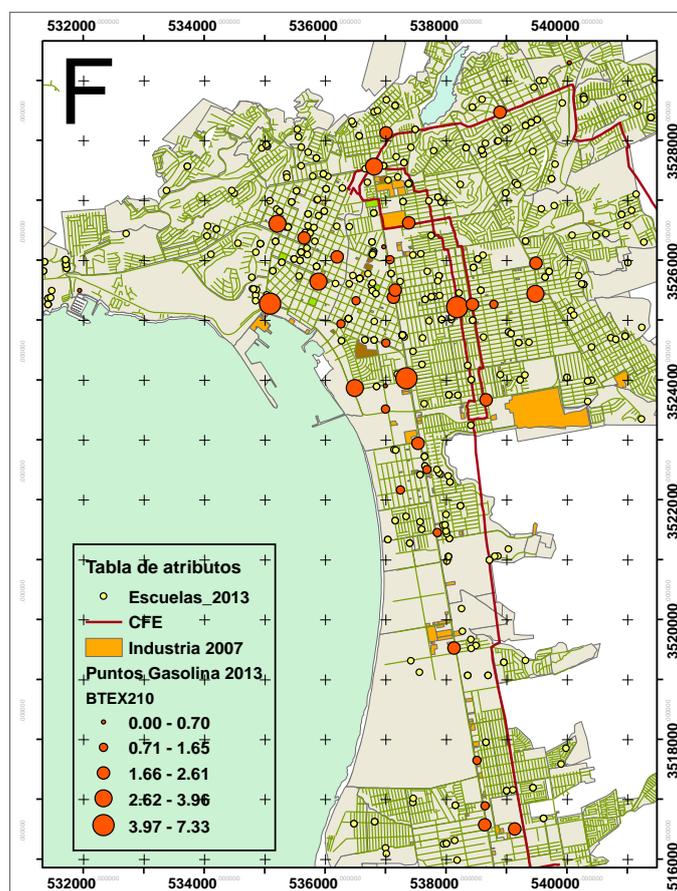
En resumen, la evidencia acumulada hasta ahora indica que los contaminantes atmosféricos son responsables de contribuir al aumento de la mortalidad general, de la mortalidad infantil, de la mortalidad de mayores de 65 años y de las hospitalizaciones por enfermedades respiratorias y cardíacas. Todos ellos son efectos indeseables para la salud de la población expuesta, de allí la importancia de lograr controlarla y eventualmente abatirla.

Los sitios de trabajo seleccionados, fueron escogidos teniendo en cuenta que se encontraban en el área de influencia de una estación de servicio, como de su volumen de emisión anual. Figura 15.4.

Con la información proporcionada de las ventas anuales del 2010, 2011 y 2012 por parte de la Subdirección Comercial, Gerencia de Ventas de Estaciones de Servicio de PEMEX Refinación y con el de Factor de Emisión para Estaciones de Servicio, se logra determinar la concentración promedio anual de exposición personal a benceno (CPEP) por estaciones de la Zona Urbana del Municipio de Ensenada. La CPEP fue significativamente mayor en la zona 3, en comparación con las restantes zonas de estudio, es por esto que se considera que el volumen de ventas anuales permite analizar la contribución de las gasolineras en la exposición personal a BTEX en la Zona Urbana de Ensenada, ya que de manera coincidente la población más afectada se localiza en la zona # 3.

En el figura, se muestra la comparación de la cantidad de emisiones al ambiente de BTEX en los diferentes establecimientos evaluados. Las concentraciones anuales de BTEX emitidas al ambiente por la presencia de gasolineras para los años 2010, 2011 y 2012, de los diferentes establecimientos evaluados. Para ellos se reportó que con las muestras 31 - 34 se dispensó mayor.

**Figura 15.4** Concentraciones de benceno (t/a) emitidas al aire para 2013

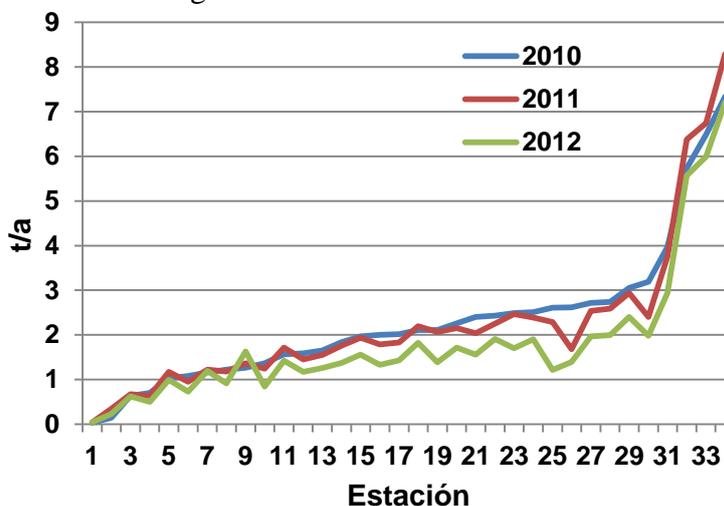


Cantidad de combustible y se atendieron más vehículos, que con las muestras 1-3, respectivamente.

La gasolina es una mezcla compleja y muy variable de hidrocarburos alifáticos y aromáticos de bajo peso molecular. Un grupo muy importante a considerar en la exposición laboral a estos vapores, es el componente aromático de bajo peso molecular (BTEX).

De entre ellos el más importante, bajo el punto de vista toxicológico, es el benceno ya que está considerado como un cancerígeno para el hombre por diversas organizaciones internacionales tales como la Agencia Internacional del Cáncer (IARC, 1987), The American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH, 2007).

**Figura 15.5** Resultados de las emisiones anuales de COV's al ambiente por la presencia de gasolineras en la zona urbana

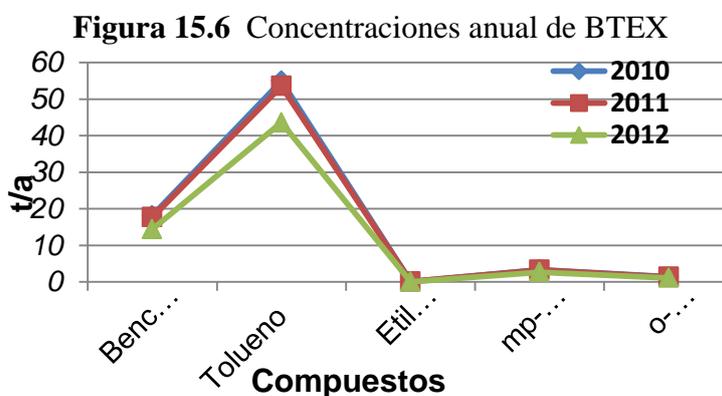


Este hecho también se ha puesto de manifiesto en trabajos realizados por diversos autores, los individuos que realizan la operación de despacho de combustible pueden estar expuestos a concentraciones muy elevadas de vapores de gasolinas.

Este hecho es particularmente importante en el caso de la exposición laboral del personal que realiza esta tarea a lo largo de toda la jornada laboral en estaciones de servicio, aunque recientemente también se han realizado estudios encaminados a estimar este riesgo para la población circundante a estas gasolineras (Egeghy, 2000).

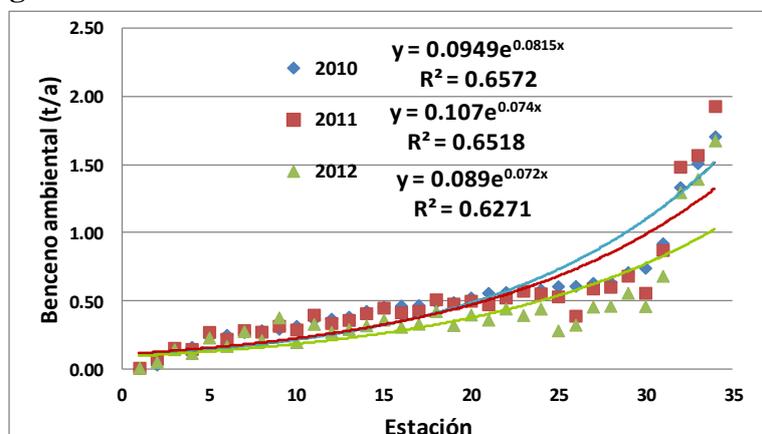
En el figura 7 se muestra la comparación entre los promedios de concentración de BTEX por los tres años de venta de gasolina.

A partir de las concentraciones de benceno y de las variables de exposición estudiadas, se observó que ha bajado la venta de combustible en general o un mayor dispensado de diesel.



Las concentraciones de benceno en aire de 4 estaciones de servicio fueron superiores al promedio general, sin embargo como el volumen de gasolina despachado influye notablemente en los niveles de concentración de benceno en aire, se analizó la relación existente entre esta concentración y el volumen de gasolina vendido por cada gasolinera.

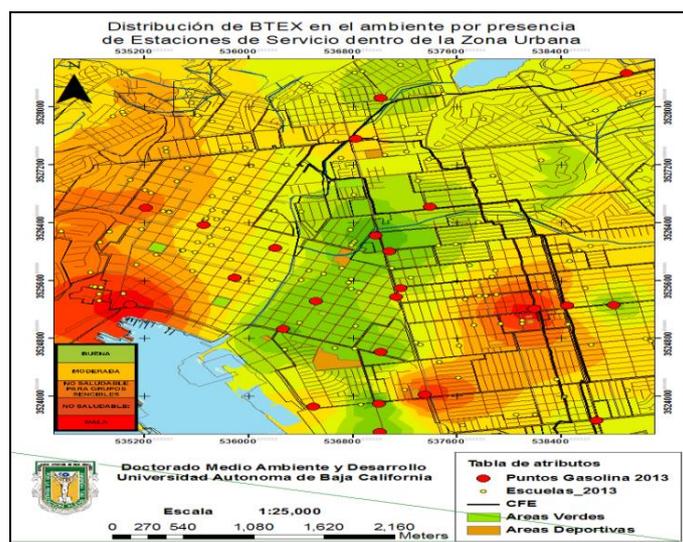
**Figura 15.7** Relación entre concentración ambiental a benceno



En la Figura muestra el resultado del análisis de regresión no lineal tomando como variable dependiente los valores de emisión a la atmósfera en las 37 estaciones de servicio para los años 2010, 2011 y 2012, organizados de menor a mayor y tomado como variable independiente el volumen de ventas de cada gasolinera. Este análisis revela que aunque la venta de combustible ha bajado la emisión BTEX conserva el patrón año con año en las estaciones.

El mapa resultante Figura 9 permite reconocer que existen múltiples zonas de vulnerables a riesgo, para abordar problemas de evaluación multicriterio, los resultados dependerán de las metodologías empleadas y los datos que se incorporen al software para afrontar estos tipos de estudios.

**Figura 15.8** Distribución de la contaminación por BTEX, dentro de la zona urbana de Ensenada Baja California



Estos resultados representan la primera aproximación espacial dentro de un problema de toma de decisiones al aportar las diferentes alternativas sobre las cuales se centrará el análisis por lo que se comprobó que, con las herramientas incorporadas actualmente en los SIG, es factible crear aplicaciones y abordar problemas concernientes a la toma de decisiones espaciales (García-zarate, 2013).

En los períodos de estudio, la correlación existente entre la concentración ambiental y el volumen expendido de gasolina fue estadísticamente significativa.

Con objeto de prevenir los riesgos derivados de esta exposición laboral se desarrollaron y fueron adoptados por algunos países, procedimientos concretos para minimizar el problema como el dotar a las mangueras de suministro de un ajuste flexible y hermético a la boca del depósito de combustible del vehículo, así como un doble trozo corto de tubería, una de las cuales conducía el combustible al depósito del vehículo mientras que la otra recogía los gases emanados del mismo, que el cierre hermético impedía que fueran a la atmósfera, para reconducirlos de nuevo al propio tanque.

### 15.3 Conclusiones

En estudios anteriores con poblaciones de sujetos expuestos a solventes neurotóxicos se ha confirmado en varias ocasiones que dicha exposición ha provocado déficit en tareas de atención, memoria de trabajo y de velocidad psicomotora. Lo que implica una correlación con los hallazgos reportados (Almirall, 2001; 2002), cabe destacar que el ítem estudiado de Concentración y memoria, resultó ser el más afectado, esto corresponde a las alteraciones de la esfera cognitiva, descrita por exposición crónica a solventes orgánicos (Maizlish , 1993).

En un intento por estudiar el estado de salud, la OMS acuña el término de salud ambiental y la define como “aquella que incluye tanto los efectos patológicos directos de sustancias químicas, la radiación y algunos agentes biológicos, así como los efectos (con frecuencia indirectos) en la salud y el bienestar derivados del medio físico, psicológico, social y estético en general, comprendiendo la vivienda, el desarrollo urbano, el uso del terreno y el transporte”. (OMS, 2001).

Las alteraciones más comunes en los niños y jóvenes son los problemas de aprendizaje: atención, conducta, lenguaje, memoria, socialización, psicomotricidad, entre otros.

En la presente investigación se confirman el déficit anteriormente nombrado. La prueba aplicada en este estudio mostró ser consistente para diferenciar la neurotoxicidad de la población expuesta.

El presente estudio constituye una primera aproximación en la evaluación de la problemática que representa el uso de sustancias neurotóxicas, específicamente de BTEX, en el sector de estaciones de servicio y proporciona una importante base para la vigilancia epidemiológica.

Las calificaciones del Cuestionario de Síntomas Neurológicos y Psicológico PNF están asociadas a las alteraciones de salud en la esfera neurológica, neurofisiológica evaluadas, que reflejó una diferencia significativa ante la presencia de alteraciones neuroconductuales en la población expuestos con un 30%, lo que implica una correlación con los hallazgos reportados Almirall (2001), cabe destacar que el ítem estudiado de Concentración y memoria, resultó ser el más afectado, esto corresponde a las alteraciones de la esfera cognitiva.

Descrita por exposición crónica a solventes orgánicos, por lo cual se considera de gran importancia la aplicación de este cuestionario por ser sencilla y de fácil ejecución para detección precoz de alteraciones neurológicas.

Sin embargo, se debería ampliar este estudio a una mayor muestra poblacional que favoreciera con mayor claridad riesgos y afectación clínica, para una mejor toma de decisiones preventivas posteriores.

Se determinó que existe correlación entre la presencia de estaciones de servicio con alta facturación con la aparición de la sintomatología presente en la población estudiada, así como también con la edad.

Los principales efectos demostrados en este trabajo están dados por alteraciones del estado de ánimo como la depresión y la ansiedad, y los trastornos de la función cognitiva como lo son la pérdida o deterioro de la memoria reciente, la dificultad en la concentración y/o atención.

La Salud Pública tiene sus retos y sus responsabilidades importantes en cuanto a no solo mirar el fenómeno de la contaminación por BTEX como un problema ambiental registrado de manera simple. Se habla de un costo en los riesgos para salud cuando se puede evidenciar deterioro de la salud física y mental de poblaciones.

#### 15.4 Referencias

Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). Toxicological Profile for Benzene. Atlanta: *US Public Health Services*; 2007.

American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) (2007) Documentation of the TLVs\_ and BEIs\_, 2007. Biological exposure index (BEI): ethylbenzene, hexane, toluene and xylenes. ACGIH, Cincinnati

Almirall, Pedro; Mayor J; Rodriguez R; Del Castillo N. (1987). Manual de recomendaciones para la evaluación psicológica en trabajadores expuestos a sustancias neurotóxicas. *La Habana. Instituto de Medicina del Trabajo*.

Almirall, Pedro; Hurtado. R. (1983). Aplicabilidad y confiabilidad de un cuestionario para conocer el efecto del plomo inorgánico sobre el psiquismo. *Revista Puertorriqueña de Psicología*. 1:5; 1983.

Almirall Pedro.(2001). Neurotoxicología. Apuntes teóricos y aplicaciones prácticas. *Habana-Cuba. Instituto Nacional de Salud de los Trabajadores*.

Almirall PJ, del Castillo NP, Mayor J. (2002). El PNF para la evaluación subjetiva en neurotoxicología. Un estudio sobre su validez en relación con las alteraciones neurológicas, neurofisiológicas y cognitivas. *Revista Cubana de Salud y Trabajo*. 2002; 3(1-2):40-4.

Bennett, D. A. (1997). A framework for the integration of geographical information systems and model base management, *International Journal of Geographical Information Science* 11(4): 337–357.

Chen R, Semple S, Dick F, et al. (2001). Nasal, eye, and skin irritation in dockyard painters. *Occup Environ Med*; 58:542-3.

Comisión Nacional del Agua (CNA), (2003), “Plan de Manejo Integral del Acuífero del Valle de Maneadero, B. C.”, *Subgerencia General Técnica, Gerencia de Aguas Subterráneas, Desarrollo y Sistemas, S. A.*

Costa TL, Barboni MTS, Moura ALdA, Bonci DMO, Gualtieri M, et al. (2012) Long-Term Occupational Exposure to Organic Solvents Affects Color Vision, Contrast Sensitivity and Visual Fields. *PLoS ONE* 7(8): e42961.

Edling, C., Ekberg, K., Ahlborg Jr.G., Alexanderaaon. R. (1990).” Long term follow up of workers exposed to solvents”. *British Journal of Industrial Medicine*; 47:75-82

Egeghy, P.P. Tornero-Velez, R. Rappaport, S.M. (2000). Environmental and biological monitoring of benzene during self-service automobile refuelling. *Environ Health Perspect* 108:1195-1202.

Elliott P, Wakefield JC, Best NG, Briggs DJ. (2000). Spatial Epidemiology: Methods and Applications. *Oxford:Oxford University Press.*

EPA, 1973. U.S. EPA, “National Emissions Data System Control Device Workbook,” *APTD-1570*, Research Triangle Park, NC, July, 1973.

EPA, 1995. Compilation of Air Pollution Emission, Factors (AP-42) – Volume I: Stationary Point and Area Sources, Fifth Edition. U.S. Environmental Protection Agency, Office of Air Quality Planning and Standards, Research Triangle Park, North Carolina.

Greenberg MM. The central nervous system and exposure to toluene: A risk characterization. *Environ Res* 1997;72:1-7.

Grandjean P, Landrigan PJ. Developmental neurotoxicity of industrial chemicals. *Lancet*. 2006 Dec;368(9553):2167-78.

Hakkola N. (1994). “Neuropsychological symptoms among tanker drivers with exposure to solvents”, *Occupational Medicine*, 44 (5):243-246

Hernández Sampier,R.Fernández Collado,C, Baptista Lucio,. C. Metodología de la investigación. *McGrawHill, México, 1991,Pág.9-20*

Hunting KL, Matanoski GM, Larson M, Wolford R. (1991). "Solvent exposure and the risk of slips, trips, and falls among painters". *Am J Ind Med* ; 20: 352-370.

Harari R, Harari H. (2006). Children´s environment and health in Latin America. *Ann NY Acad Sci*; 1076: 660-77.

Hogstedt C., Lundberg L. (1992). Epidemiology of occupat neurobehav. Liozards. Methodological experiences from organic solvent research. *Rev. Epidemiol. Sante Publique* 40, Sppl. 1.

García-Zarate M. A., Arellano-García, M.E., R. Eaton-González. Castañeda-Yslas y G. González-Zepeda. (2013). Aplicación de SIG para detectar zonas de vulnerabilidad y riesgo por la ubicación de estaciones de servicio en la zona urbana. Caso estudio Ensenada, Baja California. *Revista Latinoamericana de Recursos Naturales* 9 (1): 162-169

IARC (1987). “Monographs on the evaluation of carcinogenic risk to humans”. *An updating of IARC monographs. vol. 1±42, Suppl 7, Lyon, France.*

INEGI, Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2010). *Anuario de Estadística por Entidad Federativa*. INEGI–Aguascalientes, Ags. México. 594 p.

Kremer A. (2002). Astenia como motivo principal de consulta. En: Cámara MI, Romani A, Madoery C, Farías J (eds). *Avances en medicina 2002*. Buenos Aires: *Sociedad Argentina de Medicina*; p 287-98

Maizlish N, Feo O. (1993). Alteraciones neuropsicológicas en trabajadores expuestos a neurotóxicos. *Salud de los Trabajadores*. Jul;2(1):5-34.a.

Meyer-Baron M, Blaskewicz M, Henke H, Knapp G, Muttray A, et al. (2008). The impact of solvent mixtures on neurobehavioral performance: conclusions from epidemiological data. *Neurotoxicology* 29: 349–360.

Occupational Safety and Health Administration (OSHA), US. Department of Labor. OSHA standard -29 CFR 1910.1028 (7/1/1999), from *National Library of Medicine, HSDB: Benzene, CASRN: 71-43-2; 1999*

Organización Mundial de la Salud, (1982). Límites recomendados por razones de salud en la exposición profesional a determinados solventes orgánicos. *Serie de informes técnicos 664*. Ginebra, Suiza: *Editorial Gráficas Reunidas S.A.*; pp 28-43.

Radian International, Semarnap, 1996. México Emissions Inventory Program Manuals, *Volume III- Basic Emission Estimating Techniques*

Ribeiro H, Alves Cardoso MR. (2003). Air pollution and children's health in Sao Paulo (1986 – 1998). *Soc Sci Med*; 57: 2013-22.

Rivera-Ju, L.A. (2002). Niveles de Plomo en niños de 1 a 12 años en tres colonias de Ensenada, B.C., aspectos socioeconómicos, ambientales y legales, una propuesta de manejo de las fuentes de contaminantes. *Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias. Universidad Autónoma de Baja California. Ensenada, Baja California, México*. 69 pp.

Savolainen K, Riihimaki V, Linnoila M. (1979). "Effects of short-term xylene exposure on psychologic functions in man". *Arch Occup Environ Health*; 44: 201-211.

## **Evaluación de la calidad microbiológica y físico-química del río Xichú y aislamiento de microorganismos degradadores de triclosán en la reserva de la biósfera sierra gorda de Guanajuato**

Claudia González, Gustavo de la Riva, Francisco Alejo y María Márquez

C. González, G. de la Riva, F. Alejo y M. Márquez  
Instituto Tecnológico Superior de Irapuato, Carretera Irapuato- Silao Km. 12.5, s/N, C.P: 36821, Guanajuato, Irapuato.  
clgonzalez@itesi.edu.mx.

M. Ramos., V.Aguilera., (eds.).Ciencias Naturales y Exactas, Handbook -©ECORFAN- Valle de Santiago, Guanajuato, 2014.

## Abstract

Samples of water and sediments from Xichú River in the north of the Guanajuato State were taken in order to evaluate the water quality and the isolation of microorganisms potentially triclosan resistant and removers. Water that is used primarily for human consumption and for agriculture but due to triclosan is actually included as active ingredient in many household products and discharged to wastewater conducted to river; it may increase bacterial resistance to antimicrobials. Recently it has been placed in the status emerging contaminant and it has been shown that this compound acts as an endocrine disruptor, causing damage to different organisms. Current treatments for the removal of xenobiotic as triclosan (TCS) are costly and inefficient, leaving these substances exposed terminals effluent stations Wastewater Treatment Microbial and biodegradation is an option to this problem. For the water quality, we identified total and fecal coliforms, *E. coli*, and the quantification of helminthes eggs. Also physicochemical analysis was performed to determine temperature, pH, CO<sub>2</sub>, hardness, dissolved oxygen, nitrate, phosphate and total solids. For the selection of resistant organisms and degradative, bioassays were performed using minimal medium supplemented with triclosan (20 ppm) and minimal medium containing triclosan as sole carbon source.

The results suggest water pre-treatment is needed for human consumption and could be used for other purposes that do not compromise the health and balance of the ecological system.

In other hand, the isolation of three bacteria strains capable degrading triclosan was achieved. Some biochemical test and colonial morphology was analyzed.

## 16 Introducción

El agua es un elemento vital para la existencia humana, de su uso adecuado depende nuestra salud, alimentación y producción agrícola. El utilizar agua contaminada en la preparación de alimentos u otras actividades nos podría producir un gran número de casos de infección. Por tal motivo, existen guías de vigilancia y control de calidad de del agua para consumo humano, como el acuerdo cooperativo entre la Organización Panamericana de la Salud/Organización Mundial de la Salud (OPS/OMS) y la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos de América (USEPA), en cumplimiento de una actividad relacionada con el Plan de Mejoramiento de la Calidad del Agua en América Latina y el Caribe (Fuentes, 2007).

En México; en febrero del 2012 fue publicado en el Diario Oficial de la Federación, el decreto por el cual se han hecho reformas al artículo 4° de la Constitución política de los estados unidos mexicanos, por la que se asegura el Derecho Humano al agua y la obligación correctiva del estado mexicano en garantizar el acceso y uso equitativo y sustentable de los recursos hídricos del país (Ley General de Aguas, 2012).

La calidad de diferentes tipos de agua se ha valorado a partir de variables físicas, químicas y biológicas, evaluadas individualmente o en forma grupal.

Los parámetros físico-químicos dan una información extensa de la naturaleza de las especies químicas del agua y sus propiedades físicas, sin aportar información de su influencia en la vida acuática; los métodos biológicos aportan esta información pero no señalan nada acerca del contaminante o los contaminantes responsables, por lo que muchos investigadores recomiendan la utilización de ambos en la evaluación del recurso hídrico (Lombardo, 2008).

En el municipio de Xichú cuya cabecera municipal está situada en las coordenadas geográficas 100° 03' 37'' de longitud oeste y 21° 18' 00'' latitud norte, con una altura sobre el nivel del mar es de 1,334 metros, se encuentra la microcuenca que forma el río Xichú, muy importante debido a que está totalmente dentro de la Reserva de la Biosfera Sierra Gorda de Guanajuato, por lo que si existe algún impacto provocado por algún agente contaminante, éste podría afectar a los diferentes ecosistemas que le rodean y al mismo ser humano, dado que el uso principal del agua de dicho río así como las corrientes que le abastecen es para consumo humano, así como para riego agrícola.

La calidad del agua en los principales cauces de la Reserva no está determinada cuantitativamente y se considera que hay cierto deterioro debido a factores como descargas de aguas residuales de asentamientos humanos, basura y escurrimientos de los excesos de compuestos químicos que se utilizan para la agricultura y otros urbanos y suburbanos que se depositan en tiraderos a cielo abierto. Entre los principales problemas ambientales detectados y priorizados por la población de la reserva están el agua y generación y disposición de residuos, ya que considerando que sólo cuenta con precipitaciones anuales que no superan los 850 mm y, además, la naturaleza cárstica de los suelos propicia que gran parte del agua pluvial que se recibe se infiltre y haya pocas corrientes superficiales permanentes utilizables. (INE, 1999).

La evaluación de aspectos contaminantes define la aceptabilidad en términos de calidad de este líquido vital para el uso y consumo humano. Es por ello que una parte del presente estudio está centrado en hacer una evaluación de la calidad microbiológica y de algunos parámetros físico-químicos del agua. Sin embargo, existen otros compuestos que aun no están normados y de los cuales se desconoce su impacto ecológico. En éste sentido es de particular el triclosán (5-cloro-2-(2,4-diclorofenoxi)-fenol), el cual es un agente antimicrobiano sintético común que ha sido incorporado en más de 700 productos diferentes de cuidado personal e industrial. Estos productos, como desodorantes, jabones, cremas dentales, y diversos productos de plástico, contienen 0.1-0.3% de triclosán. La propagación del triclosán en el medio ambiente ha despertado una gran preocupación, ya que el nivel de seguimiento de triclosán podría promover el desarrollo de microorganismos resistentes y de causar efectos adversos en el ecosistema. Cuando se expone a los rayos UV, el triclosán puede ser transformado en productos químicos más tóxicos como clorodioxinas.

La biodegradación del triclosán en el medio ambiente y las aguas residuales ha convertido recientemente en un tema de investigación interesante. Un estudio informó que aproximadamente el 79% de triclosán se eliminó mediante procesos de tratamiento biológico de aguas residuales, sugiriendo que la biodegradación puede ser un mecanismo importante (Lee, et al., 2012).

Varios estudios determinaron que el triclosán puede actuar como un agonista del receptor de estrógeno y muestra actividad estrogénica. Por lo tanto, podría tener efectos endocrinos y en el desarrollo reproductivo mediante la alteración de la señalización hormonal (Honkisz y Wojtowicz 2012).

Finalmente, en un estudio publicado en la revista "Proceedings", de la Academia Nacional de Ciencias de Estados Unidos (PNAS), se demostró que el triclosán perjudica la función de algunos músculos. Al interrumpir la comunicación entre dos proteínas fundamentales para el funcionamiento de los músculos estriados, el triclosán provocó insuficiencias musculares en células del corazón y en músculos esqueléticos, tanto en animales (ratones y peces) como en seres humanos (Cherednichenkoa, et al 2012).

La biodegradación se ha sugerido como una alternativa importante para la eliminación de triclosán en las aguas residuales. Hasta la fecha, sólo unos pocos microorganismos de aguas residuales, incluyendo *Sphingomonas* sp. Rd1, *Nitrosomonas europaea*, *Sphingomonas* sp. PH-07 y *Sphingophyxis* Strain KCY1, se sabe que degradan triclosán a través de reacciones de vía cometabólica. Aunque dos bacterias de suelo son conocidas por utilizar triclosán como fuente única de carbono. Y aún se desconoce si los microorganismos de aguas residuales pueden utilizar triclosán como fuente de carbono (Lee, 2013).

La parte final del estudio aquí presentado consistió en aislar y caracterizar los microorganismos resistentes y degradadores de triclosán como parte de un estudio microbiológico en cuatro sitios muestreados en la microcuenca del río Xichú y su intersección con el río Laja en subcuenca hidrológica del río Santa María de la Reserva de la Biósfera Sierra Gorda de Guanajuato.

## 16.1 Materiales y métodos

### Muestreo y análisis de calidad de agua

Los análisis fisicoquímicos y microbiológicos fueron realizados en el Laboratorio de Bioquímica y Microbiología del Instituto Tecnológico Superior de Irapuato (ITESI) ubicado en la ciudad de Irapuato, Guanajuato. La toma y preservación de muestras se realizó conforme lo establecido dentro de la norma NMX-AA-014-1980. Para la realización de los análisis de calidad del agua se tomaron en cuenta 5 puntos de muestreo, 4 (P1 al P4) a lo largo de una corriente perene de abastecimiento del río Xichú y el quinto se tomó en un punto del nacimiento de ésta corriente (ubicado en la localidad de Casitas), la cual utilizan los pobladores para consumo humano (P5), las coordenadas de ubicación se presentan en la Tabla 1. Con respecto al análisis microbiológico se tomó en cuenta la Norma Mexicana NMX-AA-42-1987 para la cuantificación de coliformes totales, coliformes fecales y *Escherichia coli* por el método de NMP, utilizando como medio de cultivo caldo lactosado; para los medios confirmativos se usaron los caldos bilis verde brillante (BVB) y el medio EC respectivamente.

Para la cuantificación de los huevos de helminto se siguió el procedimiento descrito por la Norma Mexicana NMX-AA-113-SCFI-1999, en las muestras se utiliza la combinación de dos métodos en una sola técnica; el método difásico y el método de flotación que suponen una confiabilidad de hasta el 90 % en muestras artificiales contaminadas con huevos de helminto.

Para la determinación de los parámetros fisicoquímicos se utilizaron equipos de Hanna instruments ®. Los parámetros determinados y su respectivo número del kit utilizado son los siguientes: temperatura (HI 145), pH (pH ep® 4 meter), CO<sub>2</sub> (HI 3818), dureza (HI 3812), oxígeno disuelto (HI 3810), nitrato (HI 3874), fosfato (HI 3833) y sólidos totales; para este último punto se basó en la norma NNMX-AA-034-SCFI-2001. Los resultados obtenidos para OD se cotejaron con lo estipulado por la norma PROY-NMX-AA-012-SCFI-2009, mientras que el resto de los parámetros se compararon con lo estipulado en la norma NOM-127-SSA1-1994.

**Tabla 16** Puntos de muestreo para calidad de agua

Punto	Coordenadas de Ubicación
P1	Lat N 21°18'46.7''
	Long O 100°6'40.18''
P2	Lat N 21°18'50.40''
	Long O 100°6'39.01''
P3	Lat N 21°18'51.27''
	Long O 100°6'36.24''
P4	Lat N 21°18'36.89''
	Long O 100°7'39.67''
P5	Lat N 21°18'38.15
	Long O 100°7'41.67''

### Muestreo y colecta para aislamiento de microorganismos

Se seleccionaron 4 sitios de muestreo en base a la ubicación de aguas superficiales cercanas a diferentes comunidades circundantes a la microcuenca del río Xichú y su intersección con el río Laja en subcuenca hidrológica del río Santa María de la Reserva de la Biósfera Sierra Gorda de Guanajuato, se colectaron muestras de agua y sedimento y se registraron las principales características de la toma de muestra, los cuales se detallan en la Tabla No. 2

**Tabla 16.1** Características de las Zonas Muestreadas

Puntos de muestreo	Coordenadas	Elevacion	T° agua	T° ambiente	Ph	Profundidad
"El charro"	N 21° 18' 38.5"	2354 m	17°c	18°c	6.3	22 cm
Municipio xichú	O 100° 07'41.05					
"El charco azul"	N 21° 18' 50.6	2265 m	19°c	17°c	7.3	60 cm
Municipio xichú	O 100° 06'39.2"					
"El charco azul"	N 21° 18' 44.9"	2278 m	17°c	18°c	7.2	37 cm
Municipio xichú	O 100° 06' 40.4"					
"San agustín", municipio victoria	N 21°c 19' 12.4"	2378 m	18°c	17.5°c	7.3	14 cm
	O 100° 09'27.3"					

Las muestras de sedimentos, fueron introducidas dentro de bolsas plásticas con cierre hermético y almacenadas junto a las muestras líquidas, dentro de una hielera con bolsas de hielo herméticamente selladas, para su posterior análisis en laboratorio.

## Aislamiento de Microorganismos

Se sembraron diluciones seriadas ( $10^{-1}$  hasta  $10^{-5}$ ) de las muestras de agua y sedimento en solución salina peptonada en placas Petri con agar nutritivo y PDA inoculando 70  $\mu$ l de cada dilución por duplicado distribuyendo con ayuda de asa de Drigalsky y se incubaron a 37° C durante 24 a 48 hrs. Transcurriendo el tiempo asignado se realizó el conteo y repique de colonias microbianas y fúngicas diferentes para la obtención de aislados puros.

### Ensayos de Resistencia y degradación de triclosán in vitro

Los ensayos de degradación y resistencia de los microorganismos aislados se realizaron empleando medio mínimo sólido cuya composición en g/l fue: 13.48 g  $K_2HPO_4$ , 16.68 g  $KH_2PO_4$ , 0.5 g  $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ , 0.3 g  $(NH_4)_2SO_4$  y 14 g de agar bacteriológico (Aquiahuatl et al, 2004), adicionado con 20 ppm de triclosán y 10 g/l de dextrosa para el ensayo de resistencia, mientras que para los ensayos de degradación se utilizó triclosán como única fuente de carbono. Las cajas fueron incubadas a 37°C cubiertas con papel aluminio durante 72 horas y se evaluó el crecimiento de microorganismos.

### Pruebas Bioquímicas

A cada una de las cepas degradadoras y resistentes a triclosán encontradas, se les realizaron diferentes pruebas bioquímicas. Se les realizó las pruebas de TSI (Agar- Hierro triple azúcar), LIA (Agar Hierro Lisina), prueba de Citrato de Simmons, prueba de Catalasa (preparando cajas con agar nutritivo sembradas con las cepas clave y usando peróxido de hidrogeno como indicador) y prueba de Urea con caldo de urea.

### Morfología Colonial

Las colonias de cada cepa fueron estudiadas en forma, tamaño, elevación, borde o margen, color, superficie, densidad, consistencia, luz reflejada, luz transmitida y aspecto de cada una de las cepas.

## 16.2 Resultados y discusión

### Análisis microbiológicos y físico-químicos de calidad de agua

Los resultados obtenidos de los parámetros microbiológicos así como de huevos de helminto se presentan en la Tabla 3 junto con los límites permisibles.

De acuerdo al análisis de los resultados; según los parámetros microbiológicos, se puede observar un gradiente del punto inicial (P1) al punto final (P4), en el que la carga microbiológica se ve disminuida en un 57.5%, aproximadamente. Es necesario que el agua del río en los puntos P1 al P5 reciba un tratamiento previo antes de su consumo desde la perspectiva microbiológica, pues los parámetros se encuentran por arriba de lo estipulado en la normatividad y puede representar problemas de salud pública si se consume “cruda”.

**Tabla 16.2** Resultados de Análisis Microbiológico

Parámetro	P1	P2	P3	P4	P5	Límite permitido Para agua de de consumo Humano NOM-127- SSA1-1994	Límite permitido Para agua de uso (riego agrícola) CE-CCA- 001/89
Coliformes* totales	≥ 240	160	160	92	5	Ausencia o no detectables	2000
Coliformes* fecales	65	92	7	17	7	Ausencia o no detectables	1000
E.coli*	50	8	4	6	2	Ausencia o no detectables	1-5
Huevos de helminto*	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	≤ 1	Ausencia

En la Tabla se encuentran registrados los parámetros fisicoquímicos y de forma comparativa se incluyen los límites permitidos para cada uno de los aspectos analizados.

Los valores del potencial de hidrogeno (pH) se mantienen igual en todos los puntos muestreados (7.2) por lo que indican niveles de pH ligeramente alcalinos y se muestran en un nivel optimo, se encuentran dentro de los límites permisibles según la OMS, y la normativa mexicana.

En este estudio el rango de concentración de nitrato se mantuvo en 44.3 por lo que se encuentra dentro de los límites marcados por la OMS; no así en la normativa mexicana, puesto que supera el máximo permisible según la NOM 127-SSA1-1994.

El dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) indica la cantidad de carbono orgánico presente en la muestra. En el estudio se encontró en valores de 20.5 y 28.5 con una media de 23.8 mg/l.

La dureza se encuentra entre los 81 y 129 mg/l con una media de 97.8 mg/l, por lo que se encuentra dentro de los límites permisibles marcados tanto por la OMS como por la norma mexicana NOM-127-SSA1-1994.

El oxígeno disuelto, en la presente investigación se encuentra en valores que fluctúan de 3.5 hasta 7 mg/l; por lo que superan por mucho los límites permisibles según la OMS.

En este estudio los valores del fósforo van de 1 hasta 2 con una media de 1.6 mg/L; por lo que se encuentran dentro de los límites permisibles impuestos por la norma NOM-001-ECOL-1996.

**Tabla 16.3** Resultados de Análisis físico-químico

Parámetro	P1	P2	P3	P4	P5	Límite permitido OMS	Límite permitido Normas Mexicanas
Temperatura (°C)	23.4	23.3	22.3	22.7	22.9	—	—
pH	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	6.5 - 8.5 ± 3	6.5 - 8.5
CO <sub>2</sub> (mg/L)	24.5	20.5	23	22.5	28.5	—	—
Dureza (mg/L CaCO <sub>3</sub> )	96	129	81	102	81	100-500	500
OD (mg/L)	5.5	3.5	5	7	6.5	2-5	5.0
Nitrato (mg/L NO <sub>3</sub> )	44.3	44.3	44.3	44.3	44.3	25-45	—
Fosfato (mg/L)	1	2	2	2	1	—	10
Sólidos totales (mg/L)	6	160	20	160	60	—	120-200

Por otro lado los sólidos totales se encuentran en un rango de 6 hasta 160 mg/l con una media de 81.2 mg/l; por lo que también se considera dentro de los límites máximos permitidos por las normas NOM-001-ECOL-1996 y NOM-CCA/032-ECOL/1993. Otro de los parámetros evaluados fue la temperatura, la cual modifica la solubilidad de las sustancias aumentando la cantidad de sólidos disueltos y disminuyendo la de los gases, lo que le confiere una gran importancia para el desarrollo de los diferentes procesos biológicos; pero en realidad al ser un parámetro dependiente del tipo de ecosistemas, la normativa utilizada no aplica.

### **Aislamiento y caracterización de microorganismos degradadores de triclosan**

Se aislaron un total de 36 colonias diferentes de las 4 muestras de agua y sedimento recolectadas.

De las muestras de agua, se aislaron un total de 17 cepas bacterianas y 2 fúngicas tanto en las muestras de agua como de sedimento, de lo cual se especula que no hay diferencia entre los microorganismos presentes en agua y sedimento en las 4 estaciones de muestreo.

Los ensayos de resistencia y degradación de triclosán permitieron seleccionar 3 cepas de 36 de ellas obtenidas de sedimento y una de agua con resistencia a triclosan y con capacidad para degradarlo, que representa aproximadamente el 8% del total de las cepas aisladas, de las cuales el 5.5 % de la resistencia se presentó en muestras de sedimento y solamente el 2.5% en muestras de agua. Las cepas seleccionadas fueron nombradas M1S<sub>A</sub>, MIS<sub>p</sub>, M4A<sub>A</sub> como se detalla en la Tabla 5.

**Tabla 16.4** Cepas Seleccionadas por su resistencia y degradación de Triclosán

Clave de la cepa	Estacion de muestreo	Naturaleza de la muestra
M1s <sub>a</sub>	“el chorro” municipio de xichú	Sedimento
M1s <sub>p</sub>	“el chorro” municipio de xichú”	Sedimento
M4a <sub>a</sub>	“san agustín municipio de victoria”	Agua

**Tabla 16.5** Características de la Morfología Colonial en Medio Mínimo

Característica	Cepas		
	M1s <sub>a</sub>	M1s <sub>p</sub>	M4a <sub>a</sub>
Morfologica	M1s <sub>a</sub>	M1s <sub>p</sub>	M4a <sub>a</sub>
Tamaño	2 mm	4 mm	3.5 mm
Forma	Irregular	Rizoide	Irregular
Elevacion	Plana	Poco elevada	Plana
Borde	Ondulado	Ondulado	Ondulado
Color	Marrón	Beige	Marrón
Densidad	Translucida	Opaca	Translucida
Consistencia	Suave	Suave	Suave

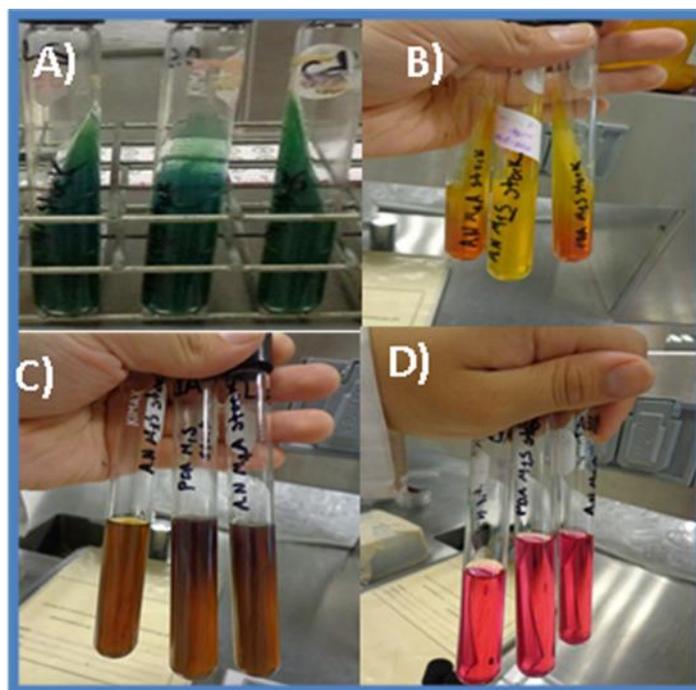
La caracterización bioquímica de las 3 cepas resistentes y degradadoras de triclosán indican actividad fermentadora (glucosa) de la cepa M1SA y productora de gas en el medio TSI y cambio de color como se puede apreciar en la Figura 1B) en el segundo tubo izquierda-derecha, las pruebas de Citrato (segundo tubo izquierda-derecha Figura 1 A), y el ensayo LIA (primer tubo izquierda-derecha Figura 1 C) y ureasa (primer tubo izquierda-derecha Figura 1D), de lo cual se concluye que esta no utiliza citrato como fuente de carbono, no tiene la capacidad de descarboxilar lisina o desaminar la lisina y se descarta la presencia de ureasa y catalasa.

Por su parte, la cepa M1Sp resultó ser fermentadora de azúcares (lactosa o sacarosa), observándose el resultado en el tercer tubo de la Figura 1 B), las pruebas de citrato (tercer tubo Figura 1.A) y ureasa (segundo tubo Figura 1 D)) fueron negativas, por lo que no utiliza el citrato como fuente de carbono ni hay presencia de ureasa. Con respecto a la prueba de LIA, la cepa tiene la capacidad de descarboxilar la lisina (Segundo tubo Figura 1.C).

La cepa M4AA resultó ser fermentadora de azúcares (lactosa o sacarosa) observándose resultado en el primer tubo de la Figura 1.2, tiene la capacidad de descarboxilar la lisina (tercer tubo Figura 1.4) y utiliza como fuente de carbono al Citrato (primer tubo Figura 1.3), aunque resultaron negativas sus pruebas de ureasa (tercer tubo Figura 1.5) y catalasa.

Las principales características de la Morfología colonial se resumen en la Tabla 6 en donde se observa que el tamaño colonial de las cepas varía de 2 a 4 mm, el resto de las características observadas son muy similares entre las cepas M1SA<sub>A</sub> y M4AA, mientras que la cepa MIS<sub>p</sub> difiere en la mayoría de las características observadas

**Figura 16** Pruebas Bioquímicas de Cepas degradadoras de Triclosán. Se muestran resultados de: A) Prueba de Catalasa (Citratos de Simmons), B) Ensayo TSI (Agar. Hierro Triple azúcar, C) Prueba LIA (Agar Hierro Lisina) y D) Prueba de Urea



### 16.3 Conclusiones

Una de las principales fuentes de contaminación por nitratos y fosfatos del cauce del río, pudiese ser la deposición fecal de los animales (vacuno, caprino y ovino) de la zona. A excepción de los nitratos, se considera que la calidad del agua del río en los puntos P1 al P5, es óptima para el uso humano.

Los resultados obtenidos permiten establecer que no se debe utilizar el agua sin un pre-tratamiento para el consumo humano y otros usos siempre que no comprometan la salud y equilibrio del sistema ecológico.

Los sitios ubicados en las cuatro estaciones de muestreo en la micro cuenca del río Xichú y su intersección con el río Laja en subcuenca hidrológica del río Santa María, a partir de los cuales se tomaron muestras de agua y sedimentos, son los ambientes con presencia de microorganismos potencialmente degradadores de TCS.

Se logró el aislamiento de tres cepas de microorganismos resistentes y con capacidad degradadora de triclosán. Las cepas corresponden a un 8% del total de cepas aisladas en las 4 estaciones de muestreo. Con las pruebas bioquímicas, se determinó que las tres cepas muestran capacidad para fermentar azúcares, mientras que las cepas M4A<sub>A</sub> y MIS<sub>p</sub> también tienen la capacidad de descarboxilar la lisina, los resultados de los ensayos bioquímicos son insuficientes para sugerir la identificación de las cepas aisladas. Las observaciones de las características morfológicas son diferentes para cada una de las cepas aislada, aunque M4A<sub>A</sub> y MIS<sub>A</sub> presentaron similitudes en la mayoría de las características.

Los ensayos bioquímicos y morfológicos contribuyeron a caracterizar la fisiología de las cepas aisladas y a determinar las condiciones bajo las cuales se pueden utilizar estas cepas para la degradación de triclosán, se recomienda realizar análisis bioquímico y molecular para la identificación de las cepas así como su análisis filogenético.

#### 16.4 Agradecimientos

Al Programa de Mejoramiento al profesorado (PROMEP) por el apoyo a través del proyecto IDCA 11112

#### 16.5 Referencias

Aquiahuatl Ramos, M. d., & Pérez Chabela, M. d. (2004). *Manual de prácticas del laboratorio de Microbiología General*. Iztapalapa, D.F., México: Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa.

Cottell, A., et al., (2009) "Triclosan-tolerant bacteria: changes in susceptibility to antibiotics". *Journal of Hospital Infection*, **72**(1): p. 71-76.

Cuellar. 2003. Xichú. Extraído el 19 de agosto de 2013 desde: Enciclopedia de Los Municipios y Delegaciones de México Estado de Guanajuato

Fuentes. 2007. Calidad Microbiológica del Agua de Consumo Humano de tres comunidades rurales del sur de Sonora, Mexico. *Respyn, salus cum propositum vitae* , 1-2.

Gennady Cherednichenko, Rui Zhanga,, Roger A. Bannisterb, Valeriy Timofeyevc, Ning Lic, Erika B. Fritscha, Wei Fenga, Genaro C. Barrientosa, Nils H. Schebbd, Bruce D. Hammockd, Kurt G. Beame, Nipavan Chiamvimonvatc,f, and Isaac N. Pessaha. (2012). "Triclosan impairs excitation–contraction coupling and Ca<sup>2+</sup> dynamics in striated muscle en *PANAS (Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America)*, Num. 40, Vol 109, Consultada en <http://www.pnas.org/lookup/suppl/doi:10.1073/pnas.1211314109/-/DCSupplemental>. Fecha de consulta (21-08-2013).

Honkisz, E., Zieba, P. D. y Wojtowicz, A. K. (2012), " The effect of triclosan on hormone secretion and viability of human choriocarcinoma JEG-3 cells", *Journal Elsevier*, 385 pp.

Lee, D. G., Zhao, F, Rezenom, Y. H., Rusell, D. H. y Chu, K. (2012), "Biodegradation of triclosan by a wastewater microorganism", *Journal of the International Water Association*, 4226 pp.

Lee, D. G., Zhao, F, Rezenom, Y. H., Rusell, D. H. y Chu, K. (2013), "Identification of triclosan-degrading bacteria in a triclosan enrichment culture using stable isotope probing", *Journal Springer Science*, 2 pp.

Ley General de Aguas. 2012. Tomado el 19 de agosto de 2013 desde: Diario Oficial de la Federación.

Lombardo. 2008. Evaluacion de la calidad fisicoquimica y microbiologica de la Cuenca del Rio La Villa, Peninsula de Azuero, Panama. Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y Tecnologia. Universidad de Panama.

Luege Tamargo, José Luis. 2005. Estudio Previo Justificativo para el Establecimiento de Área Natural Protegida: “Reserva de la Biosfera Sierra Gorda de Guanajuato”. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. Guanajuato, México.

Norma Mexicana para Análisis de Agua - Determinación de Oxígeno Disuelto en Aguas Naturales, Residuales Y Residuales Tratadas. (2009). PROY-NMX-AA-012-SCFI-2009. Diario Oficial de la Federación.

Norma Mexicana para el análisis de agua - determinación de huevos de helminto - método de prueba. (1999). NMX-AA-113-SCFI-1999. Diario Oficial de la Federación.

Norma Mexicana para el análisis del agua- determinación de sólidos y sales disueltas en aguas naturales, residuales y residuales tratadas - método de prueba. (2001). NMX-AA-034-SCFI-2001. Diario Oficial de la Federación.

Norma Mexicana para el muestreo de cuerpos receptores. (1980). NMX-AA-014-1980. Diario Oficial de la federación.

Norma Mexicana para la determinación de calidad del Agua determinación del número más probable (NMP) de coliformes totales, coliformes fecales (termotolerantes) Y *Escherichia coli* Presuntiva.(1987). NMX-AA-42-1987. Diario Oficial de la federación.

Norma Oficial Mexicana para los Límites Máximos Permisibles de Contaminantes en las Descargas de Aguas Residuales en Aguas y Bienes Nacionales. (1996). NOM-001-ECOL-1996. Diario Oficial de la Federación.

Norma Oficial Mexicana para los Límites máximos permisibles de contaminantes en las aguas naturales de origen urbano o municipal para su disposición mediante riego agrícola. NOM-CCA/032-ECOL/1993. Diario Oficial de la Federación.

Norma Oficial Mexicana para los Límites Permisibles Para Microorganismos Coliformes y E. Coli. (1994). NOM 127-SSA1-1994. Diario Oficial de la Federación.

Siamak P. Yazdankhah, Anne A. Scheie, E. Arne Høiby, Bjørn-Tore Lunestad, Even Heir, Tor Øystein Fotland, Kristine Naterstad, and Hilde Kruse. (2006). “Triclosan and Antimicrobial Resistance in Bacteria: An Overview”. *Microbial Drug Resistance*. 12(2): 83-90.

## **Evaluación de la capacidad de reducción de la carga microbiana de un sistema de intercambiadores de calor concéntricos, aplicados en un proceso de secado por aspersión de alimentos**

Felipe Castañeda, Luis García, Concepción Oaxaca, Raquel Arciga y Maria del Carmen Sabino

F. Castañeda, L. García, C. Oaxaca, R. Arciga. M.C. Sabino.  
Universidad Tecnológica de San Juan del Río. Av. La Palma 125. Col. Vista Hermosa. San Juan del Río, Querétaro.  
fcastanedao@utsjr.edu.mx

M. Ramos., V.Aguilera., (eds.).Ciencias Naturales y Exactas, Handbook -©ECORFAN- Valle de Santiago, Guanajuato, 2014.

## Abstract

Many of the processes of food production are based on thermal treatments as part of their processing of raw materials and / or treatment of food materials preservation. An industry located in Mexico that dehydrated food system has a process that involving heat exchanger concentric tubes whose efficiency must be estimated as part of the quality assurance system. In this study the prediction of log reductions of microbial survival was performed with two linear models, isothermal and non-isothermal. The results point to have a reduced capacity beyond the needs of the industry, with the respective consequences in quality and economy.

## 17 Introducción

Los tratamientos térmicos son un método usado para la conservación de los alimentos. Lo que se busca es que el alimento:

- Quede exento de organismos patógenos y
- Que tenga una vida de almacenamiento aceptable (Brennan, 1998)

Cualquier tratamiento térmico debe su efectividad a otros factores, tal como:

- La presencia de ingredientes osmóticamente activos como la sal o el azúcar.
- Acidez del producto.
- Actividad de Agua.

Cada tratamiento térmico tiene una función dentro de un proceso completo, pero la principal es la destrucción térmica de los microorganismos deteriorantes. El calor se ha usado tradicionalmente para inactivar células vegetativas en los procesos de pasteurización.

En este estudio, una empresa del área de secado de alimentos tiene un proceso donde recibe su materia prima con una concentración de sólidos (alrededor de 50%), es recibida, y luego fluidizada por medio de agua en un tanque de proceso para luego elevar la temperatura de esta a 60°C. A continuación mediante una bomba de alta presión la materia prima se introduce a un intercambiador de calor de tubos concéntricos para elevar la temperatura a alrededor de 82°C antes de pasar al secador de ciclón a través de una esprea.

Las políticas de calidad de la empresa dictan que el control microbiológico debe de asegurarse en el intercambiador de calor de tubos concéntricos. De esta forma, el estudio del proceso térmico tiene la finalidad de modelar la efectividad del mismo en forma matemática.

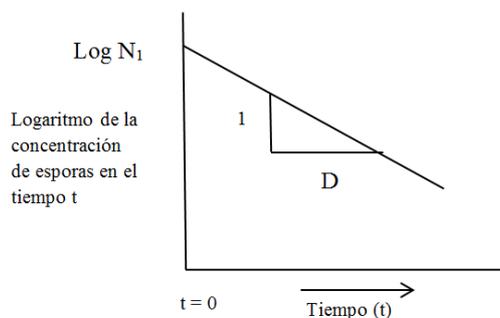
La estabilidad microbiológica y calidad comestible de los alimentos tratados térmicamente resultan afectadas por la temperatura y la duración del proceso térmico. Los alimentos poco procesados pueden ser deteriorados por las bacterias, y los alimentos tratados en exceso son inferiores desde el punto nutritivo y el organoléptico. (Richardson, 2005)

Para determinar los parámetros de un proceso térmico adecuado se requieren:

- Supuestos de la resistencia térmica de los microorganismos deterioradores.
- Conocimiento de la historia térmica de los alimentos durante el tratamiento.

Se supone, para fines prácticos, que las esporas bacterianas al igual que las células vegetativas tienen un orden de muerte logarítmica, es decir, cuando una preparación de esporas dada se mantiene a una temperatura constante suficientemente alta para que tenga lugar la destrucción térmica, el número de esporas por unidad de volumen decrece como en la figura 1.

**Figura 17** Relación entre la concentración de esporas y el tiempo de calefacción a temperatura constante. (Brenan, 1998)



De ella se deduce que si la concentración de esporas es  $N_1$  esporas/cc de suspensión en el tiempo  $t=0$  y  $N$  esporas/cc al tiempo  $t = t$ :

$$\log \frac{N}{N_1} = -\frac{t}{D} \quad (17)$$

Donde:

$D$  = Tiempo de reducción decimal.

$t$  = tiempo necesario para que la concentración de esporas se reduzca 10 veces ( $\log 10 = 1$ )

El tiempo de reducción decimal es independiente de la concentración inicial de esporas y depende de la temperatura, de las especies de esporas bacteriológicas, de la historia previa de las esporas y de las técnicas usadas para detectar supervivientes.

Si  $N_1$  es la concentración inicial de una espora bacteriológica particular en un producto alimenticio dado antes de ser tratado térmicamente, la cantidad:  $\log \frac{N_1}{N_0} = m$ , donde  $m$  es denominado “factor de orden del proceso”.

En muchos casos, el logaritmo de los supervivientes con respecto al tiempo aparece como una línea recta o aproximadamente recta durante las 4-5 primeras reducciones decimales. Por tanto, se ha concluido que, en estos casos, la inactivación microbiana es un proceso que sigue una cinética de primer orden (Stumbo, 1973; Texeira, 1992; Jay, 1996; Holdsworth, 1997). De este modo seleccionamos el modelo lineal ya que no se requieren normalmente más reducciones logarítmicas para controlar los procesos de calidad.

Sin embargo, esta visión de usar modelos predictivos lineales usados de forma general ha ido en decadencia en los últimos años. Por ejemplo el Dr. Peleg plantea en su comparación de los modelos de Weibull y de Arrhenius, que el problema mayor es que en el siglo XXI se sigue enseñando esta teoría de la cinética de supervivencia y tanto la industria farmacéutica como de alimentos continúan usando criterios de esterilidad basados en estimar una línea recta en datos que realmente son curvos. (Castro Montero, 2008)

Existen varios trabajos que correlacionan mejor los datos de las curvas de supervivencia de diversos microorganismos, como es el caso de Díaz de Villegas y col. (2011), en el que analizan el modelo de Weibull en la inactivación térmica de *Pseudomonas aeruginosa*, donde dicho modelo puede minimizar el gasto de energía del proceso.

En el trabajo de Bermúdez Aguirre y col. del 2009, el modelo de Weibull vuelve a ser usado con éxito aún cuando la tecnología del tratamiento térmico es realizado por sonicación. En este caso la tecnología se está desarrollando y da mejores resultados en combinación de tratamientos de pasteurización y de sonicación. Aparte de los tratamientos térmicos se usa existen la sonicación y la alta presión hidrostática cuyas curvas de supervivencia corresponden a un modelo cinético de primer orden.

No así el tratamiento por pulsos de campos eléctricos cuya cinética se describe mejor por el modelo de Weibull. Sin embargo comentan Mañas y Pagán (2005) que falta modelar las técnicas para otras condiciones y microorganismos. Estos modelos no lineales se basan en pruebas de laboratorio y en sistemas no alimenticios por lo que su veracidad debe corroborarse en sistemas reales de alimentos, con equipos in situ.

Para determinar el tiempo de proceso para la elaboración de cualquier alimento, se debe de considerar los siguientes factores:

- Resistencia de microorganismos, hongos y mohos.
- Condiciones de calor.
- Condiciones de almacenamiento después del proceso.
- pH del alimento
- Propiedades termo-físicas del alimento.

Una de las formas para producir alimentos altamente seguros es el calentamiento y enfriamiento rápido. (Alvarado, 2011). Sin embargo en el sistema en estudio, las condiciones de pasteurización no aplican, ya que no existe la etapa de enfriamiento, todo es calentamiento hasta después del proceso de secado en el secador.

Existen varios métodos para calcular un procesamiento térmico, sobre todo para la esterilización, tal como el método de la fórmula de Ball (método de calentamiento) o el método General Mejorado (método gráfico). Este método está basado en el hecho de que cada punto de las curvas de calentamiento y enfriamiento, correspondientes a la historia de penetración de calor de un producto, ejerce un efecto letal para el microorganismo contaminante de dicho producto, por lo que el cálculo del proceso térmico implica la integración gráfica del efecto letal de dichos puntos. Este proceso considera el valor temperaturas de calentamiento y enfriamiento del proceso térmico (Colina, 2010). Este sistema consideramos que puede ser aplicado en sistemas de pasteurización.

Un punto a favor de la microbiología predictiva está basada en la premisa de que las respuestas de las poblaciones de microorganismos a los factores ambientales son reproducibles, que por caracterización de los factores dominantes de las respuestas de crecimiento, es posible, desde observaciones anteriores, predecir las respuestas de dichos microorganismos en otras condiciones ambientales similares (Ross y McMeekin, 1994).

Los modelos predictivos son típicamente generados en medios de cultivo líquidos en el laboratorio (Baranyi y col., 1999). Las cepas de *E. coli* O157:H7, *E. coli* CECT 516, *Salmonella typhimurium*, *Listeria Monocytogenes*, *Staphylococcus aureus*, han tenido comportamientos diferentes en varias combinaciones de temperatura, pH y cloruro de sodio.

El pH fue el factor que más condicionó el comportamiento cinético de cada uno de los microorganismos. A dichas conclusiones llega dos Santos (2007) en su tesis de doctorado.

Como consecuencia o como resultado del análisis de miles de curvas de tratamiento térmico, se ha llegado a la conclusión de que la curva de enfriamiento contribuye con cerca de una tercera parte del total de la letalidad del proceso. (dos Santos, 2007)

El método *in situ*, citado con anterioridad, está basado en la valoración de determinados índices de calidad y seguridad del alimento antes y después del tratamiento térmico. El análisis del parámetro bajo investigación puede ser bastante laborioso, llevar mucho tiempo y ser caro, lo cual hace de esta técnica un método inviable de control rutinario. Todo ello hace que los modelos matemáticos utilizados en los últimos años no siempre puedan predecir exactamente la evolución tiempo-temperatura en el interior del alimento, necesaria para establecer los tratamientos térmicos a los que va a ser sometido. (López-Martínez, 2012).

Existen diversos apoyos computacionales, incluso desarrollados por la USDA, que contemplan la termoresistencia de los microorganismos y la composición de los alimentos. (Awua y col. 2007)

Si a los factores de variación mencionados sumamos otros como la ubicación geográfica, las condiciones medioambientales, la calidad microbiológica de la materia prima y la estandarización de los procesos, el resultado es una predicción del tratamiento térmico necesario para alcanzar los objetivos que puede ser cuestionable y con más margen de error que el simple modelado lineal o no lineal.

El objetivo del presente trabajo es el modelado del tratamiento térmico en un intercambiador de calor de tubos concéntricos, considerando que los flujos de los alimentos son laminares y que durante todo el recorrido se va dando la disminución de la cuenta microbiana en un proceso no isotérmico.

## **17.1 Materiales y métodos**

### **Materiales**

Viscosímetro RV Brookfield

Medidor de pH. Sper Scientific.

Sistemas de 5 intercambiadores de calor concéntricos de la empresa en estudio.

Muestras de materiales de proceso alimenticios: Maltodextrinas, puré de tomate, crema láctea, yogurth y concentrado de limón.

### **Método**

Una vez preparadas las cinco muestras a analizar se caracterizó su viscosidad y densidad a la temperatura ambiente y de proceso.

Se midió su pH y se investigó los microorganismos representativos de cada producto. Se investigó la resistencia térmica y el tiempo de reducción logarítmica a la temperatura de referencia de 150°F, es decir pasteurización.

**Tabla 17** Grupos de Alimentos según su acidez.(Alvarado, 2011)

Grupos según grado de acidez	Rango de pH	Grupos de alimentos	Microorganismos
Grupo 1: poco ácidos	> 5	Productos cárnicos Productos marinos Leche Hortalizas	Aerobios esporulados Anaerobios esporulados
Grupo 2: semiácidos	4.5 - 5	Mezclas de carne y vegetales Sopas Salsas	Levaduras, mohos y bacterias no esporuladas
Grupo 3: ácidos	4.5 - 3.7	Tomates, Peras, Higos, Piña. Todas las frutas	Bacterias esporuladas. Bacterias no esporuladas. Levaduras y Mohos.
Grupo 4: muy ácidos	pH < 3.7	Encurtidos. Pomelo. Zumos cítricos	

**Tabla 17.1** Datos de Termo resistencia de grupos bacterianos, hongos y levaduras a temperaturas de pasteurización. (Alvarado, 2011)

Grupo Bacteriano	Rango Aproximado de termo resistencia D (minutos)	Z°(F)
Microorganismos patógenos y productores de toxinas	D 150	
Mycobacterium tuberculosis	0.20-0.30	8 a 10
Brucella sp	0.10-0.20	8 a 10
Coxiela burnetti	0.5-0.60	8 a 10
Salmonella sp	0.02-0.25	8 a 10
Salmonella senftenberg – SH	0.8-1-0	8 a 12
Staphylococcus aureus	0.2-2.0	8 a 12
Streptococcus pyogenes	0.2-2.0	8 a 12
	D 180	
Clostridium botulinium tipo E (esporoso)	0.10-3.0	0 a 16
Microorganismos responsables de deterioro	D 150	
Hongos, levaduras y bacterias no esporuladas	0.5-3.0	8 a 12

Como se ve reflejado en la tabla No. 3, se midieron las características de los intercambiadores usados para cada uno de los secadores. El tiempo de retención, la empresa lo considera a partir de la temperatura que se reporta en la tabla, que es aproximadamente a la mitad del recorrido de todo el intercambiador de calor.

**Tabla 17.2** Datos de intercambiadores proporcionados por la empresa

Intercambiador	Producto	Diametro interno (m)	Tiempo de retención (min)	Flujo m <sup>3</sup> /s	Temperatura (°C)	Temperatura (°F)
Secador 1	Maltodextrina	0.0345	2.5	0.0001	77	150
Secador 2	Puré de Tomate	0.0345	3.66	0.0001	72.25	162.1
Secador 3	Crema Láctea	0.0345	1.527	0.0003	69.965625	157.9
Secador 4	Concentrado de Limón	0.0345	2.831	0.0003	79.56041667	175.2
Secador 5	Yogurth	0.0345	2.553	0.0003	80.5445	177.0

En una primera etapa se calculó el tiempo de reducción decimal con las temperaturas de proceso y las referencias bibliográficas pertinentes (Alvarado, 2011). Con la ecuación siguiente, y despejando  $D_F$ ,

$$\log \frac{D_F}{D_{150}} = -\frac{T_1 - T_{150}}{z} \quad (17.1)$$

$$\log D_F - \log D_{150} = -\frac{T_1 - T_{150}}{z} \quad (17.2)$$

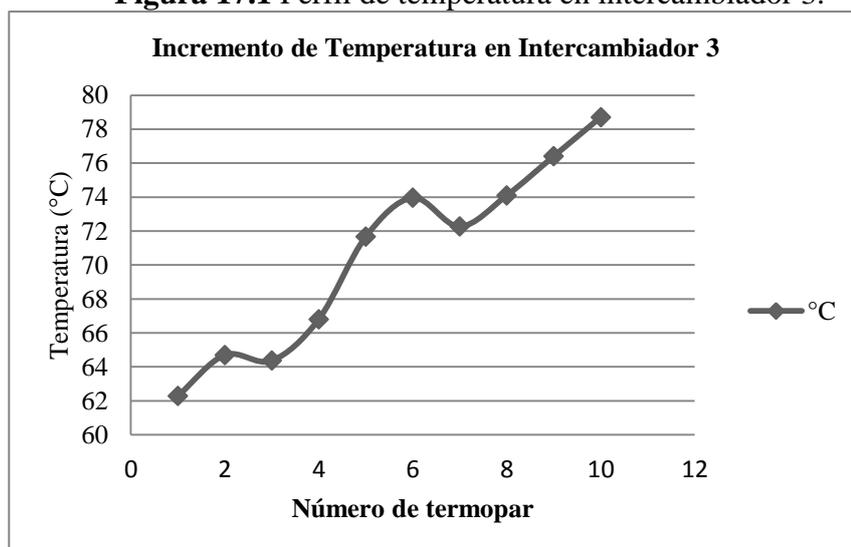
$$\log D_F = \log D_{150} - \frac{T_1 - T_{150}}{z} \quad (17.3)$$

$$D_F = 10^{\left[\log D_{150} - \frac{T_1 - T_{150}}{z}\right]} \quad (17.4)$$

A continuación se estimaron las reducciones logarítmicas para cada producto y el intercambiador correspondiente. Una vez obtenida  $D_1$  a la temperatura de proceso, se divide entre el tiempo de retención de cada pasteurizador (Ver tabla 4<sup>a</sup>).

Sin embargo se consideró que dentro de los márgenes de error propios del procedimiento se adicionaban otros que corresponden a la consideración de aplicar dicho procedimiento a un proceso isotérmico, cuando en realidad es un proceso no isotérmico (Ver figura 2). Por lo que se determinó que el modelo a seguir podía ser el propuesto por Colina Irezabal en el 2010, donde calcula por el método general, el valor letal (L) de un proceso de esterilización. En nuestro caso propusimos una modificación al siguiente método de integración que considera que el proceso de los intercambiadores es no isotérmico y que desde que empieza el calentamiento de los productos existe un decaimiento de la cuenta microbiana.

Se consideró que el tratamiento térmico empieza a los 140°F y hasta los 183.2°F, considerando el tiempo de recorrido como el tiempo de retención.

**Figura 17.1** Perfil de temperatura en intercambiador 3.

La ecuación que se integra es la siguiente:

$$D_T = \int 10^{\left[\log D_{150} - \frac{T_1 - T_{150}}{z}\right]} = Z \frac{10}{43.2} \left[ \frac{T_{150} - T}{z} + a \right] \quad (17.5)$$

Para el cálculo de  $D_T$  se divide entre el  $\Delta T$  ( $183.2 - 140^\circ\text{F} = 43.2^\circ\text{F}$ ) para obtener un valor promedio de todo el proceso que se acerque más a la realidad. Ver tabla 4<sup>b</sup>

## 17.2 Resultados y discusión

**Tabla 17.3** Tabla de resultados de reducciones logarítmicas de actividad microbiana.

Viscosidad (cp)/ Ambiente (18°C el yogurt)	viscosidad (cp)/ temp de proceso	pH	densidad g/ml	$\rho$ kg/m <sup>3</sup>		Valor D (minutos)	Val or Z (°F)	D Final (minutos)	tiempo de retención (min)	Número de reducciones logarítmicas <sup>a</sup>	Número de Secador	Tiempo de retención total (min)	Valores integrados (D Total en minutos)	Número de reducciones logarítmicas integradas <sup>b</sup>
125	20	7	2.74	2740	961	0.50	8	0.0002108	2.5	11,857	1	5	0.289	17.2
48500	49000	4.1	2.37	2370	0.250	0.50	8	0.0002108	3.66	17,358	2	7.32	0.289	25.2
200	100	6.6	2.53	2530	280	0.50	8	0.0002108	1.53	7,242	3	3.054	0.289	10.5
212.5	14	3.8	1.1824	1182.4	592	0.50	8	0.0002108	2.83	13,427	4	5.662	0.289	19.5
20	295	4.4	1.0295	1029.5	41.2	0.10	8	0.0000422	2.55	60,541	5	5.106	0.007125	716.6

Los alimentos analizados se clasifican según su pH como neutro en el caso de maltodextrinas y Crema Láctea. Como ácidos el Tomate, Yogurt y el concentrado de Limón. En todos los casos, menos en el tomate, consideramos que son fluidos newtonianos en función a su viscosidad.

Las densidades son normalmente altas por la cantidad de sólidos presentes. Con los resultados del número de Reynolds podemos afirmar que los flujos de todos los productos son laminares. Las temperaturas registradas son las temperaturas al centro de los tubos concéntricos.

Los intercambiadores 1, 2, 4 y 5 son dimensionalmente similares, aunque los tiempos de retención en el 2 son más largos en virtud de la viscosidad del tomate procesado. El intercambiador 3 es más corto y por lo tanto sus tiempos de retención son menores.

Las relaciones de tiempo y temperatura marcan los tratamientos térmicos de tal modo que se establecen las diferencias entre las pasteurizaciones y las esterilizaciones. Las temperaturas de proceso de los intercambiadores están arriba en varios casos a los 80°C, con lo cual los tiempos de tratamiento térmico para lograr la reducción decimal se acortan.

Los ciclos de reducciones logarítmicas, en el caso de considerar un proceso isotérmico, tienden a dispararse y dar idea de ser un proceso excesivamente sobrado para las necesidades de la empresa. Sin embargo la empresa considera una temperatura alta y estándar, la cual en realidad no ocurre.

En el caso de los datos correspondientes a un sistema no isotérmico, los datos son más asertivos en cuanto a los números de reducción de ciclos logarítmicos, sin embargo aún así se considera alto sobre todo para el caso del Yogurth.

Aunque los tiempos se extendieran infinitamente las temperaturas de proceso no alcanzarían para destruir ciertos tipos de bacterias que son esporuladas como *Coxiella burnetii*, *Clostridium botulinum*, y/o *Listeria monocytogenes*. Que normalmente no se encuentran en los productos analizados. Por el contrario muchas bacterias patógenas se destruyen con tratamientos térmicos no demasiado enérgicos.

### **17.3 Conclusiones**

En virtud de los resultados obtenidos se considera que para las necesidades de la empresa, las condiciones de tratamiento térmico son excesivas para los productos que se analizaron. Por lo que se puede considerar que puede existir un deterioro en la calidad de los productos al dar más tiempo de tratamiento térmico del requerido.

En cuanto a la calidad microbiológica los productos no deben de presentar problema alguno, tal como se ha reportado hasta el momento en la producción de la empresa. Los resultados así lo demuestran.

Lo que garantiza los tratamientos térmicos son la homogeneidad de las temperaturas reportadas, que a pesar de ser fluidos laminares el tiempo de retención está medido hasta que el centro del fluido alcanzó la temperatura de proceso.

Cualquier proceso de alimentos requiere de un aseguramiento del control de calidad de materia prima, proceso y producto terminado acorde al análisis de riesgos y puntos críticos de control. De esta forma podemos afirmar que los resultados nos dan indicios de ser un proceso microbiológicamente confiable, aunque en cuanto a calidad nutritiva y gasto energético tal vez esté excedido.

En una planta productiva es importante visualizar que existen varios factores que pueden modificar la predicción de sobrevivencia microbiana, incluyendo las matrices alimenticias que modifican la eficiencia de los tratamientos térmicos y las condiciones no constantes de la calidad de la materia prima. Por esta razón se sugirió a dicha empresa realizar periódicamente pruebas microbiológicas *in situ* que corroboren el modelo de predicción de muerte microbiana calculada en forma teórica pero sustentada, para cada producto procesado en su planta. Ellos consideran que como sus análisis hasta el momento son favorables deben redoblar esfuerzos en aceptar materia prima de calidad, para asegurar que su proceso siga siendo eficiente.

#### 17.4 Agradecimientos

Agradecemos a la empresa de alimentos su apertura para la realización de este trabajo que nos deja enseñanzas y mejoras por hacer.

También a la Academia de Química de la Universidad Tecnológica de San Juan del Río, sin cuya participación no se habría podido concluir en tiempo y forma la presentación de este material.

#### 17.5 Referencias

Alvarado Landírez, Eduardo Mauricio. (2011). Estudio del proceso de producción de pulpas de frutas combinadas pasteurizadas y congeladas a mediana escala. Tesis de grado. Escuela Superior Politécnica del Litoral. Guayaquil, Ecuador. Pág. 38-40.

Awuah, G.B.Ramaswamy, H.S. Economides, A. 2007. Thermal processing and quality: Principles and overview. Chemical Engineering and Processing. 46. Pag. 584-602.

Baranyi, J. Pin, C. and Ross, T. (1999). Validating and comparing predictive models. International Journal of Food Microbiology. 13:83-91.

Bermúdez-Aguirre, D. Corradini, M.G. Mawson, R. Barbosa-Cánovas, G.V. (2009). Modeling the inactivation of *Listeria innocua* in raw whole milk treated under thermo-sonication. Innovative Food Science and Emerging Technologies. 10:172-178.

Brennan, F. (1998). Operaciones de la Ingeniería de los alimentos. Ed. Acribia. España.

Castro Montero Eduardo. (2008). Cálculo de Procesos Térmicos de Alimentos en el siglo XXI. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas. Depto. de Ciencias de los Alimentos y Tecnología Química.

Colina Irezabal, María Luisa. (2010). Deshidratación de Alimentos. Editorial Trillas.

Díaz de Villegas, María Elena. Bueno-García, Gloria. De Armas-García, Gisela. Torres-Castañeda, Esmérida y Saura-Moncisbaez, Maribel. (2011). Un modelo adecuado de curvas de sobrevivencia microbiana en la inactivación térmica de *Pseudomonas aeruginosa*. Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar Cuba (ICIDCA). Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar, vol. 45, núm. 3, septiembre-diciembre, 2011. Pag. 2-6.

Dos Santos Eduardo, Agatângelo Joaquim. (2007). Estudio del comportamiento cinético de microorganismos de interés en seguridad Alimentaria con Modelos Matemáticos. Tesis doctorado. Universidad Autónoma de Barcelona. España.

Holdsworth, S.D., (1997). "Thermal processing of packaged foods". London: Blackie

López Martínez, María Dolores. (2012). Validación física y biológica de tratamientos térmicos aplicados en un reactor prototipo para la industria alimentaria. Tesis doctorado. Universidad Politécnica de Cartagena.

Peleg, M. Maria G. Corradini, M. G. y Normand, M.D. 2007. The logistic (Verhulst) model for sigmoid microbial growth curves revisited. *Food Research International*. 40. Pag. 808-818.

Mañas, P. and Paga, R. 2005. Microbial inactivation by new technologies of food preservation. *Journal of Applied Microbiology*. 98. Pag. 1387–1399

Richardson, Philip. 2005. *Tecnologías Térmicas para el procesado de los alimentos*. Acribia. España.

Ross, T. and McMeekin, T.A. (1994). Predictive microbiology – a review. *International Journal of Food Microbiology*. 23:241-264.

Stumbo, C.R. (1973). “*Thermobacteriology in food processing*”. Academic Press. Londres.

Texeira, A. (1992). “*Thermal procesing calculations*”. In D.R. Heldman, & L.B. Lund, *Handbook of food engineering*. New York: Marcel Dekker.

## **Evaluación del efecto antiinflamatorio de Senecio confusus**

Brenda Alvarado, Abigail Reyes, Jesús Castillo, Martha Maldonado.

B. Alvarado, A. Reyes, J. Castillo y M. Maldonado.

Universidad Autónoma de San Luis Potosí. Unidad Académica Multidisciplinaria Zona Huasteca. Romualdo del Campo No. 501. Fracc. Rafael Curiel, Cd. Valles, S.L.P. C.P. 79060.

Universdiad Carretera Rioverde - San Ciro Km. 4. Colonia Puente del Carmen, Rioverde, S. L. P.  
abigail.reyes@uaslp.mx

M. Ramos., V.Aguilera., (eds.).Ciencias Naturales y Exactas, Handbook -©ECORFAN- Valle de Santiago, Guanajuato, 2014.

## Abstract

Senecio confusus infusion is used in traditional medicine for the treatment of strokes and muscle aches. However, there has been studied the effect of this plant in the control of inflammation, in this study the antiinflammatory ability of this specie was assessed in a mouse model of inflammation induced by carrageenin. Two doses (5 and 10 mg/kg) of the aqueous extract of *S. confusus* were tested, water and indomethacin were used as controls. For this experiment, Wistar rats were used and swelling measurements were performed with a digital plethysmometer. The percent inhibition observed shows that the dose 10 mg/kg had greater antiinflammatory activity in the first hour, whereas the dose of 5 mg/kg had a higher anti-inflammatory activity. However, these doses show less effect of the obtained by indomethacin treatment. However observing the digestive tissue of animals after treatment, greater damage was observed in rats treated with indomethacin. So although the *S. confusus* extract showed less antiinflammatory effect at the doses used, causes less damage to the organism.

## 18 Introducción

En el cuerpo humano es común sufrir golpes y lesiones, sin embargo éste tiene la capacidad de sanarse por sí solo empleando su principal mecanismo de defensa, por lo que presentar inflamación en el área afectada ayudará con el proceso reparador del cuerpo mientras se desarrolla la respuesta inmune adaptativa.

La inflamación es la respuesta, del sistema inmunológico de un organismo, al daño causado a sus células por cualquier agresor de naturaleza biológica, química, física o mecánica (García, 2008). En ella participan numerosas células del sistema inmunitario y mediadores, se suele acompañar por enrojecimiento, calor, tumefacción y dolor. Si bien el desarrollo del proceso inflamatorio representa una función de primer orden en la defensa del cuerpo, en ocasiones transcurre hacia una situación crónica que suele ser dañina, en donde el agente inflamatorio persiste por la incapacidad de un sistema inmunitario deficiente. Al persistir este proceso puede ocurrir la pérdida de la función del órgano afectado y dar lugar a enfermedades degenerativas.

Para contrarrestar el proceso inflamatorio se utilizan diversos tratamientos, como antiinflamatorios esteroideos y no esteroideos (AINE's) (Delves, 2008). Los AINEs son los más empleados a nivel mundial por lo que ya se han estudiado, observando riesgos en la seguridad cardiovascular, gastrointestinal y renal (Prieto, 2007). Debido a ello es de gran importancia la búsqueda de nuevas alternativas.

El uso de plantas medicinales sugiere una excelente opción para el control de la inflamación, debido a las diversas propiedades observadas, como el gran contenido de flavonoides y otros compuestos. En la región Huasteca se emplea de manera tradicional la planta *Senecio confusus* para reducir la inflamación en el área afectada. Por lo anterior en esta investigación se evaluó la capacidad antiinflamatoria de dicha planta en un modelo murino de inflamación por carragenina, con el propósito de determinar su efectividad para el tratamiento del proceso inflamatorio, lo que permitiría fundamentar su uso en el control de este fenómeno evitando daños en el organismo.

### 18.1 Materiales y métodos

#### Preparación del extracto

Se recolectaron aproximadamente 500 g de las hojas de *Senecio confusus* en el mes de julio del 2013 en Cd. Valles, S.L.P.

El extracto acuoso de *S. confusus* se obtuvo por extracción sólido-líquido, empleando las hojas de esta planta y agua desionizada a 90° C por 3 minutos, para ello se utilizaron 250 g de las hojas de *Senecio confusus*, las cuales se limpiaron y se escaldaron durante 3 minutos en 750 ml de agua, con el fin de detener la acción enzimática de la planta. Enseguida se sometieron a choque de agua fría, y se realizó la prueba de guayacol con la finalidad de verificar la efectividad del escaldado. Finalmente el extracto se filtró, evitando la exposición a la luz y se concentró en un evaporador rotatorio (BUCHI RIII, Suiza) al 30%.

### Animales de experimentación

Para evaluar el efecto antiinflamatorio de *Senecio confusus* se trabajó con ratas Wistar hembra, de 6 a 8 semanas de edad, con un peso promedio de 160 g. Se mantuvo a los animales en ciclos de luz/oscuridad de 12 horas, acceso libre a comida y agua y temperatura controlada de 22-25°C. Las ratas fueron divididas en 4 grupos de acuerdo a los tratamientos dados.

### Tratamiento

Los animales se pretrataron de acuerdo al grupo al que pertenecían, cada uno compuesto por 3 ratas. Un grupo con administración oral de extracto de *Senecio confusus* de una dosis de 5 mg/kg de peso, un grupo con una dosis de 10 mg/kg de extracto de *S. confusus*. El grupo control positivo, al cual se le administró el antiinflamatorio Indometacina (2 mg/kg). Finalmente se contó con un grupo control negativo, al que sólo se le administró agua desionizada.

### Modelo de inflamación por carragenina

Una hora después de la administración inicial del tratamiento, se indujo la inflamación por carragenina al 1% (0.5µl) (Winter et al, 1962) en la región subplantar de la pata derecha de los ratones. Para ello se aplicó una inyección subcutánea de carragenina al 1% en solución salina, en una dosis de 20 µg por cada gramo de peso del ratón, mientras que en la región subplantar izquierda se administró el vehículo. Posteriormente se suministraron los tratamientos cada 12 horas por una semana.

### Evaluación del proceso inflamatorio

Para determinar el grado de inflamación, se utilizó un pletismómetro digital (UGO BASILE), el cual midió el volumen del cojinete plantar del ratón. Esta medida se tomó durante 6 horas en intervalos de 30 minutos a partir de la inoculación de la carragenina (marca Sigma, USA). Se aplicó la siguiente fórmula para calcular el porcentaje de inhibición de la inflamación.

$$\% \text{ de inhibición} = \frac{(C_t - C_0)_{\text{Control}} - (C_t - C_0)_{\text{Tratada}}}{(C_t - C_0)_{\text{Control}}} \times 100 \quad (18)$$

Donde  $C_t$  es el volumen de la pata al tiempo "t" después de la inyección de la carragenina,  $C_0$  es el volumen normal de la pata antes de la inyección de carragenina.

Análisis macroscópico del tejido digestivo de los animales de experimentación.

Después de una semana de tratamiento las ratas de cada grupo fueron sacrificadas para observar muestras del tejido, con la finalidad de verificar si existió la presencia de ulceraciones en el tracto digestivo del animal. La cantidad de ulceraciones se evaluó en una escala de 0 a 4 cruces (+). En donde una cruz (0-2 úlceras), dos cruces (3-5 úlceras), tres cruces (6-10), 4 cruces (11-20).

## **Análisis estadístico.**

Para la evaluación de la inflamación se capturaron los datos en el programa Excel para generar los gráficos y la estadística descriptiva. Se revisaron los criterios de normalidad en los datos generados. Se utilizó la prueba ANOVA para determinar diferencias entre los grupos, tomando como significativo un valor de  $p < 0.05$ .

## **18.2 Resultados y discusión**

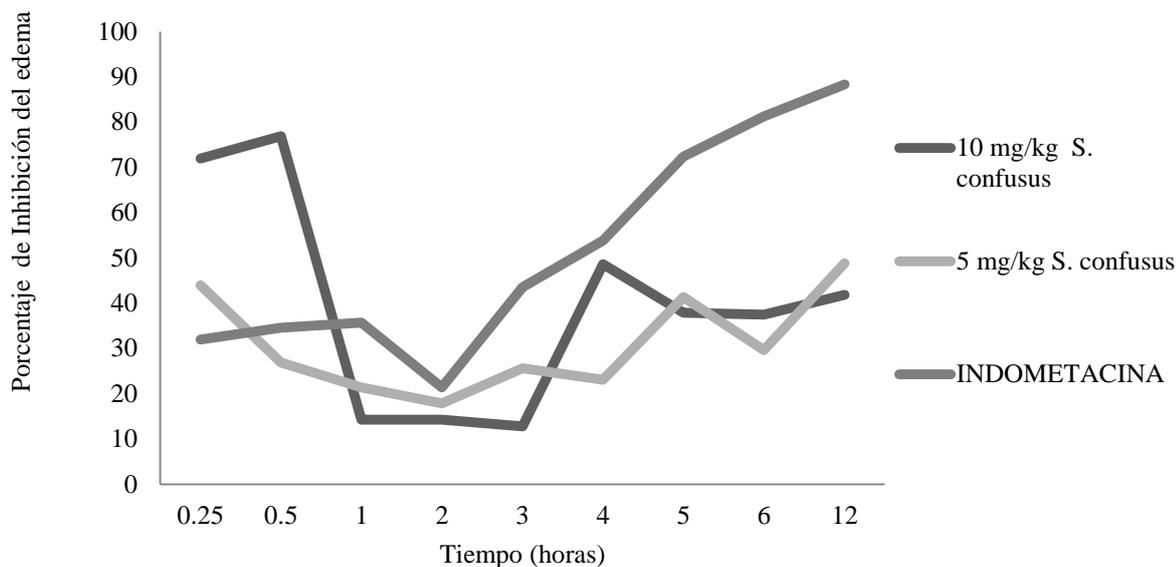
### **Evaluación de la actividad antiinflamatoria de Senecio confusus**

Se ha observado que son numerosas las patologías que han sido asociadas al estrés oxidativo, entre ellas están las enfermedades inflamatorias crónicas. Todas ellas involucran reacciones de oxidación que implican la transferencia de electrones que producen radicales libres, uno de los beneficios atribuidos a los antioxidantes es el control de la inflamación.

Por lo anterior se llevó a cabo la evaluación de la capacidad antiinflamatoria de la planta *Senecio confusus* en un modelo murino de inflamación por carragenina. Está demostrado que la carragenina es un buen inductor de la inflamación, en diversos modelos experimentales con animales, en este caso un modelo murino (Gaytán et al 2010; González et al 2011), es por ello que se utilizó éste para evaluar el efecto antiinflamatorio del extracto de la planta *Senecio confusus*. En este estudio se utilizó el modelo murino de inflamación del cojinete plantar inducido por carragenina. Para lo cual se comprobó la eficiencia de la carragenina contra el agua desionizada, en un modelo murino en ratones hembra Wistar, la eficiencia de la carragenina para la inducción de la inflamación coincide a lo comprobado por Gaytán et al en 2010.

Una vez corroborada la acción y eficacia de la carragenina para la inducción de inflamación, se llevaron a cabo los ensayos para determinar la actividad antiinflamatoria del extracto de *S. confusus*. Para ello se integraron grupos de 3 ratas Wistar hembras de la siguiente manera; un grupo control positivo pretratado con indometacina (20 mg/kg de peso de la rata), un grupo control negativo tratado con agua desionizada, y dos grupos a los que se les suministraron dosis de 5 ó 10 mg/kg del extracto acuoso de *Senecio confusus*. Posteriormente se indujo la inflamación por carragenina al 1% en el cojinete plantar derecho del animal, para finalmente medir la inflamación al minuto 0, 15 y 30, enseguida cada hora durante 6 horas y a las 12 horas y calcular el porcentaje de inhibición de la inflamación con la fórmula no. 1, descrita en la metodología.

Esto permitió evaluar el efecto antiinflamatorio del tratamiento con *Senecio confusus* versus indometacina. En la Figura 1 se muestra el porcentaje de inhibición de la inflamación en la fase aguda. En esta figura se observa un mayor efecto del extracto de 10 mg/kg *S. confusus* en la primera hora de tratamiento alcanzando un efecto antiinflamatorio de 76.92% ( $\pm 3.5$ ) de inhibición. Posteriormente desciende este efecto a 15% ( $\pm 0.84$ ) en las siguientes dos horas y finalmente aumenta a partir de la cuarta hora manteniendo valores cercanos a 46% ( $\pm 8$ ). Mientras que el tratamiento de *Senecio confusus* de 5 mg/kg mantiene valores de 20% hasta 48.80% de inhibición del edema desde las cero hasta las 12 horas de tratamiento. Sin embargo el control positivo de indometacina mostró un porcentaje de inhibición del edema de 35% ( $\pm 6.5$ ) en las primeras dos horas, alcanzando un 88% ( $\pm 18$ ) en las horas restantes. Lo cual indica que hay una diferencia significativa de  $< 0.0001$  entre el efecto de la indometacina con las dosis (5mg/kg y 10mg/kg) del extracto de *Senecio confusus*, y en lo que refiere la comparación entre las dos dosis empleadas no hubo diferencia significativa de  $p = < 0.3268$ .

**Grafico 18** Inhibición de la inflamación aguda mediada por *Senecio confusus*.

González et. al., en la revista de Biosalud del 2011 consideran como actividad antiinflamatoria moderada la inhibición del edema del 30 al 65% y como buen efecto antiinflamatorio un valor mayor de 65%, sin embargo en sus experimentos no se obtuvo actividad antiinflamatoria significativa sobre el modelo de edema plantar por carragenina en ninguna de las plantas empleadas (*Calea prunifolia*, *Curatella americana*, *Myrcianthes leucoxila* y *Physalis peruviana*).

De acuerdo a lo anterior se puede observar que la dosis de 10 mg/kg muestra un buen efecto en la primera hora, mientras que el tratamiento con 5 mg/kg mantiene en toda la cinética un efecto antiinflamatorio moderado.

En tanto que el tratamiento con Indometacina al comienzo del experimento muestra un efecto antiinflamatorio moderado en las primeras dos horas hasta llegar a un buen efecto antiinflamatorio en las horas restantes.

En el estudio realizado por Gaytán y Zúñiga (2010) “Valoración del efecto antiinflamatorio de *Larrea tridentata* en un modelo murino de inflamación por carragenina” en el cual se trabajó con un extracto etanólico de *Larrea tridentata* y con el medicamento nimesulida, se observó un menor efecto antiinflamatorio en los grupos tratados con *L. tridentata* que con el medicamento, lo cual coincide con el experimento llevado a cabo con *Senecio confusus*.

Este menor efecto es debido a que las plantas poseen una gran variedad de compuestos biológicamente activos, por lo que se deben aislar y encontrar los principios o compuestos activos principales esto mediante distintos métodos químicos de separación. De la misma forma observaron que la dosis más alta empleada en dicho experimento tiene mayor efecto en las primeras horas, sin embargo no muestra potencial antiinflamatorio, mientras que la dosis baja va aumentando su efecto en las primeras horas y muestra un efecto antiinflamatorio superior, pero no es comparable al ejercido por el medicamento usado como control.

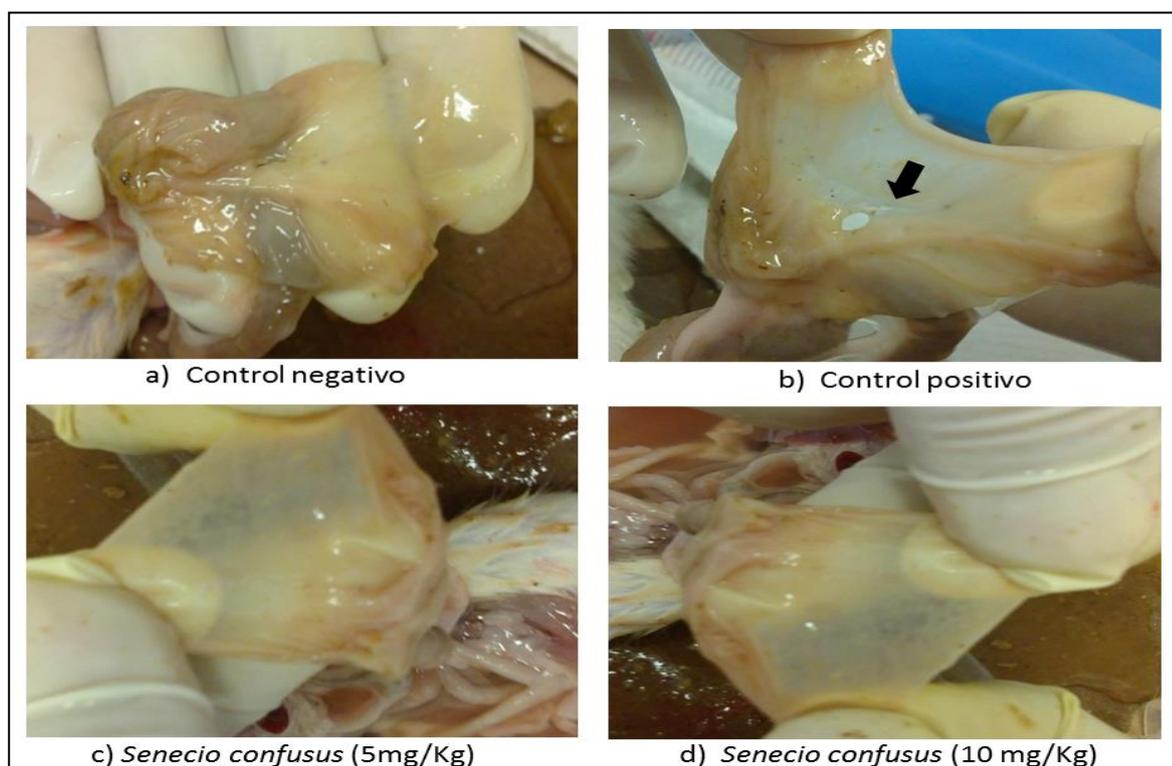
Por lo anterior Gaytán y Zúñiga en 2010 concluyeron que este efecto pudo deberse a la hormesis (efecto de estimulación a bajas dosis y de inhibición a altas dosis). Lo anterior es similar a lo ocurrido con los resultados obtenidos en el experimento llevado a cabo con la planta *Senecio confusus*.

Los antiinflamatorios no esteroideos son los fármacos más empleados en el mundo para el tratamiento de la inflamación, no obstante se ha comprobado que su uso coincide con complicaciones del yeyuno, íleon y colon, enfermedad inflamatoria intestinal, enteropatía con pérdida de proteínas, hemorragia gastrointestinal, úlceras, perforación, estenosis, entre otras (Rocha et al, 2007).

Debido al riesgo gastrointestinal y renal que se ha observado por el uso de AINEs, es conveniente medir el grado de afectación del tracto gastrointestinal de las sustancias que se pretendan emplear como antiinflamatorios. Una forma de medir el daño fue la observación de perforaciones en el estómago de los animales tratados, por lo cual se realizó la evaluación macroscópica del tejido digestivo posterior a la administración del tratamiento cada 24 horas durante una semana. En la Figura 2 se muestra el interior del estómago de las ratas de cada grupo, se observó mayor daño en las ratas tratadas con indometacina (++++). Asimismo al abrir y evaluar el estómago de éstas se percibieron olores característicos de putrefacción, lo cual no se observó en el tejido de las ratas control negativo, ni en las dosis de 5 y 10 mg/kg de *Senecio confusus* (-).

**Figura 18** Observación macroscópica del estómago de las ratas tratadas.

a) control negativo (tratada con agua desionizada), b) control positivo (tratada con Indometacina), c) tratamiento con *Senecio confusus* (5mg/kg), d) tratamiento con *Senecio confusus* (10mg/kg).



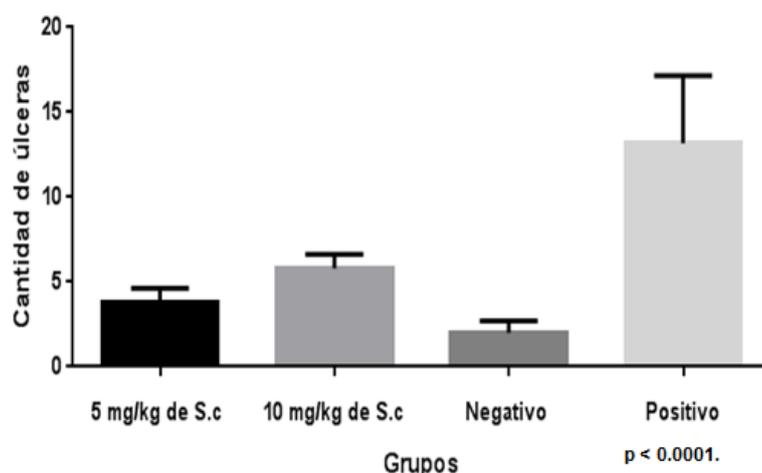
En el experimento llevado a cabo por Pérez (2011) “Separación y evaluación del efecto antiinflamatorio y antioxidante de los flavonoides de *Eysenhardtia polystachya* (Ort.) Sarg”, se encontró que en el estómago y duodeno de las ratas tratadas con la solución de NaHCO<sub>3</sub> 5%, no se presentó ningún tipo de irritación.

Asimismo no se observó la presencia de úlceras, a diferencia de las ratas tratadas con indometacina, en las que se observaron zonas de enrojecimiento en la mucosa gástrica y presencia de erosiones en el duodeno. En algunos casos, se observó que los intestinos estaban sumamente adelgazados en el grupo tratado con indometacina, al grado de romperse con facilidad al ser removidos de los cuerpos.

Mientras que en los grupos tratados con las plantas utilizadas no se observó ningún signo de irrigación o ulceración en el tracto gastrointestinal y el comportamiento fue similar al grupo testigo. Este daño gastrointestinal presente con el grupo tratado con indometacina concuerda por lo nombrado por el Catálogo de medicamentos genéricos intercambiables para farmacias y público general de la SSA (2007), que indica que la indometacina puede provocar diversos efectos secundarios como el desarrollo de úlceras simples o múltiples, perforación gastrointestinal y hemorragia esofágica, gástrica, duodenal o intestinal.

Lo anterior concuerda con el experimento llevado a cabo con el extracto de *Senecio confusus*, en donde las ratas tratadas con las dosis de 5 y 10 mg/kg de dicho extracto mostraron un comportamiento similar al grupo control negativo (tratadas con agua desionizada), sin embargo sí se observó la formación de pequeñas úlceras (media=6 ±1.31) (figura 3) no obstante, la cantidad de úlceras observadas no es comparable al número de úlceras manifestado en las ratas tratadas con indometacina (media=13± 3.96).

**Figura 18.2** Cantidad de úlceras observadas en el tejido digestivo de los animales de experimentación en los diferentes grupos. (S.c: *Senecio confusus*, Negativo: control tratado con agua desionizada; Positivo: tratamiento con indometacina)



Debido a que en el grupo control negativo también se observaron ulceraciones, estas pudieron ser provocadas por algún otro factor ajeno a los tratamientos, como el estrés, esto concuerda con lo reportado por Zhan et al 2002, quien describe que a mayor estrés se presenta un incremento de la acidez del jugo gástrico.

La diferencia entre el número de ulceraciones entre el grupo tratado con indometacina y los grupos de las dosis del extracto (5mg/kg y 10mg/kg) así como el control negativo (agua), fue significativa con un valor de menor de  $p = < 0.0001$ .

Se observó daño a los intestinos y adelgazamiento de la mucosa gástrica solamente en este grupo, por lo que se puede dilucidar que el medicamento ocasionó un daño considerable como lo reportado por Ramos et al en 2004, el cual encontró lesiones intestinales como pérdida de la mucosa, hiperemia y presencia de múltiples úlceras lineales y circulares.

### 18.3 Conclusiones

Este estudio tuvo como objetivo valorar la capacidad antiinflamatoria de la planta *Senecio confusus* en un modelo murino de inflamación por carragenina. Las pruebas determinaron que el extracto acuoso de *S. confusus* posee buena actividad antiinflamatoria, aunque menor a la ejercida por indometacina.

Pese a lo anterior, el extracto de *S. confusus* mostró ser menos agresivo con la mucosa gástrica comparado con indometacina.

Esto sugiere que a pesar de que el tratamiento con *Senecio confusus* muestra menor capacidad antiinflamatoria, ocasiona menor daño en el organismo.

De acuerdo a los resultados de esta investigación, se sugiere que *S. confusus* puede llegar a ser una alternativa para el tratamiento de procesos inflamatorios.

### 18.4 Agradecimientos

Se agradece el apoyo técnico del Bq. Juan del Toro Herrera y Bq. Carolina E. Gil Solís, en la capacitación para el manejo de equipos y metodologías utilizadas en este proyecto.

### 18.5 Referencias

Delves, P.J., Martin, S. J., Burton, D. R., Roitt, I. M. (2008). *Inmunología fundamentos*. (11<sup>a</sup>) Ed. Médica Panamericana. Argentina.

García, B. P. (2008). *Inflamación*. Real Academia de Ciencias exactas .Fis.Nat. Vol.102.

Gaytán, A. J., Zúñiga, B. (2010). *Valoración del Efecto Antiinflamatorio de Larrea Tridentata en un Modelo Murino de Inflamación por Carragenina*. Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Unidad Académica Multidisciplinaria Campus Huasteca.

González, G. M.C., Ospina, G. L.F., Rincón, V.J. (2011). *Actividad Antiinflamatoria de Extractos y Fracciones de Myrcianthes Leucoxila, Calea Prunifolia, Curatella Americana y Physalis Peruviana en los Modelos Edema Auricular por Tpa, Edema Plantar por Carragenina y Artritis Inducida por Colágeno*. *Biosalud*, Volumen 10(1): 9-18.

Pérez. S.S. (2011). *Separación Y Evaluación Del Efecto Antiinflamatorio y Antioxidante de los Flavonoides De Eysenhardtia Polystachya (Ort.) Sarg*. Instituto Politécnico Nacional.

Prieto, J.M. (2007). *Antiinflamatorios No Esteroideos (AINEs). ¿Dónde estamos y hacia dónde nos dirigimos? (Primera Parte)*. *Cient Dent* , 4;3:203-212.

Ramos,A., Angulo,H., Chavera,C., Ayón, S.(2004). *Propuesta de un modelo experimental de enteritis aguda inducida por indometacina en ratas albinas*.*Arev inv vet Perú*,15 (1): 37-43.

Rocha, J.L., Parrado, M, J.W., Rojas, I, M., Sierra, M, E., Soto, Q, R., Fernández, R, J.M. (2007). *Daño intestinal por antiinflamatorios no esteroideos*. *Rev Gastroenterol Mex*; 75(2): 288-318.

Winter, C.A., E.A. Risley, E. A., Nuss, C.W. (1962). *Carrageenin-induced edema in hind paw of rats: an assay for anti-inflammatory drugs*. *Proceedings of Society Experimental Biology Medicine*.

## **Factores relacionados con complicaciones obstétricas en embarazadas de Yaxcabá, Yucatán, México**

Elsa Rodríguez, Cecilia Urtecho, Guadalupe Andueza, Jolly Hoil y Yolanda Oliva

E. Rodríguez, C. Urtecho, G. Andueza, J. Hoil y Yolanda Oliva  
Facultad de Enfermería Universidad Autónoma de Yucatán, Calle 60 491, Centro Histórico, 97000 Mérida, Yucatán  
rangulo@uady.mx

M. Ramos., V.Aguilera., (eds.).Ciencias Naturales y Exactas, Handbook -©ECORFAN- Valle de Santiago, Guanajuato, 2014.

## Abstract

The health of the pregnant woman is still a challenge in developing countries. Bleeding, infections, abortions and preeclampsia-eclampsia are complications that can lead to death. Other factors are poverty, distance, lack of information, inappropriate services, cultural practices and delays in care. The aim of this study was to determine obstetric gynecology sociodemographic factors, obstetric care and power of decision in women with obstetric complication in the Municipality of Yaxcaba, Yucatan, Mexico. Data complicated women from 2009 to 2013 were reviewed. Prior informed consent questionnaire was applied. We found 22(71%) illiterate, 25(81%) married, and 30(97%) housewives. The main complication was abortion with 12(39%) women; 13(42 %) had three or more pregnancies, 24(77%) at least one birth and 16(52%) at least one cesarean; 28(90 %) women took more than 1 hour to be transferred and 24(77%) did not decide for themselves their transfer. It is important to continue studies to identify factors related to the obstetric care to prevent risk of complications.

## 19 Introducción

El embarazo es una etapa en la cual la mujer cursa un proceso de crecimiento y desarrollo de un nuevo individuo en el seno materno, e implica cambios físicos, fisiológicos y psicológicos en la vida de la gestante. Por lo tanto debe haber una atención y cuidados especiales para que concluya de manera positiva dicho proceso, puesto que la mujer se encuentra en un estado vulnerable en todos los aspectos, que pueden influir en su salud y la de su hijo. Durante el proceso de embarazo, parto o posparto, pueden ocurrir complicaciones obstétricas que pueden provocar la muerte. El embarazo puede ser normal, de alto riesgo y emergencia obstétrica.

El embarazo normal es el estado fisiológico de la mujer que se inicia con la fecundación y termina con el parto y el nacimiento del producto a término. El embarazo de alto riesgo es aquel en el que se tiene la certeza o la probabilidad de estados patológicos o condiciones anormales concomitantes con la gestación y el parto, que aumentan los peligros para la salud de la madre o del producto, o bien, cuando la madre procede de un medio socioeconómico precario. La emergencia obstétrica es una condición de complicación o intercurencia de la gestación que implica riesgo de morbilidad o mortalidad materno-perinatal y puede llevar a la muerte materna, que ocurre en una mujer mientras está embarazada o dentro de los 42 días de la terminación del mismo, independientemente de la duración y lugar del embarazo producida por cualquier causa relacionada o agravada por el embarazo o su manejo, pero no por causas accidentales o incidentales (Norma Oficial Mexicana, 1995).

La mortalidad materna es un problema social y de salud pública. Cada día mueren en todo el mundo aproximadamente 800 mujeres por complicaciones relacionadas con el embarazo o el parto. En el año 2010 murieron en total 287 000 mujeres durante el embarazo, el parto o el posparto. Prácticamente todas estas muertes se produjeron en países de ingresos bajos y la mayoría de ellas podrían haberse evitado.

La mejora de la salud materna es uno de los ocho Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM) adoptados por la comunidad internacional en el año 2000.

Con respecto al ODM5, los países se comprometieron a reducir la mortalidad materna en un 75% entre 1990 y 2015. Desde 1990, la mortalidad materna ha disminuido en un 47%. Desde 1990 varios países subsaharianos han reducido a la mitad su mortalidad materna. En otras regiones, como Asia y el Norte de África, los progresos han sido aún mayores.

Sin embargo, entre 1990 y 2010 la razón de mortalidad materna mundial (es decir, el número de muertes maternas por 100 000 nacidos vivos) solo ha disminuido en un 3,1% al año, cifra que está lejos de la reducción del 5,5% anual necesaria para alcanzar el ODM5 (Conde, Belizan, Lammers, 2004; Patton, 2009). En México, la reducción de la mortalidad materna también ha sido lenta y han sido pocos los esfuerzos por atender el problema de una manera integral.

Las complicaciones del embarazo y el parto son la principal causa de muerte materna. La mayoría de esas complicaciones aparecen durante el parto inmediato, otras pueden estar presentes desde antes del embarazo, pero se agravan con la gestación. Las principales complicaciones causantes del 80% de las muertes maternas son: las hemorragias graves (en su mayoría tras el parto), las infecciones (generalmente tras el parto), la hipertensión gestacional (preeclampsia y eclampsia) y los abortos peligrosos (Cousens et al, 2011).

Otros factores que impiden que las mujeres reciban o busquen atención durante el embarazo y el parto son: pobreza, distancia, falta de información, inexistencia de servicios adecuados, prácticas culturales y demoras en la atención. Para mejorar la salud materna hay que identificar y eliminar los obstáculos al acceso a servicios de salud materna de calidad en todos los niveles del sistema sanitario (World Health Organization, 2012). El objetivo de éste estudio fue determinar factores sociodemográficos, ginecoobstétricos, tiempo en la atención y poder de decisión en mujeres con complicación obstétrica en el municipio de Yaxcabá, Yucatán.

## 19.1 Materiales y métodos

Yaxcabá es un municipio que se encuentra en la región VI, Oriente del Estado de Yucatán, pertenece a la jurisdicción sanitaria número 2, cuenta con 36 comisarías y se encuentra a 113 km de distancia; y de hora y media a 2 horas en tiempo de la capital del Estado (INEGI, 2010). De acuerdo a los registros del Centro de Salud de Yaxcabá, la población total de habitantes del municipio corresponde a 14,802 habitantes, los cuales 7,156 (48%) son mujeres y de éstas 768 (11%) corresponden a mujeres en edad fértil (MEF).

Se realizó un estudio descriptivo, transversal que consistió en la revisión de hojas de control de embarazo y lactancia, calendario obstétrico y hojas de referencia, de mujeres que tuvieron alguna complicación obstétrica en el período de 2009 a 2013. Se recabaron nombre y dirección de 31 mujeres complicadas, las cuales se visitó en su domicilio y previo consentimiento informado se les aplicó un cuestionario con preguntas dirigidas a datos sociodemográficos (edad, estado civil, nivel de educación y ocupación); datos ginecoobstétricos (complicación obstétrica, menarquia, gesta, para, aborto y cesáreas); tiempos en la atención y poder de decisión.

Para el análisis de los tiempos en la atención se basó en el modelo de las tres demoras, subclasificando la primera demora en Tiempo que tarda desde el inicio de los signos de alarma de la complicación obstétrica hasta el momento en que los reconoce y Tiempo que tarda desde que ya reconoció los signos de alarma hasta que toma la decisión de buscar ayuda; segunda demora, Tiempo que tarda desde que ya decidió buscar ayuda y consigue el vehículo de transporte y Tiempo que tarda desde que consiguió el medio de transporte hasta llegar al hospital de referencia; y tercera demora, Tiempo que tarda desde que llega al hospital de referencia hasta el momento en que le brindan atención (Thadeus, Maine, 1994).

Los hospitales a los que son referidas las mujeres de la comunidad son de segundo y de tercer nivel de atención y para fines de interpretación de los resultados en este estudio le llamamos hospital A al de segundo nivel y hospital B al de tercer nivel.

Para el análisis del poder de decisión se realizaron las siguientes preguntas: ¿Quién decide la atención del embarazo?, ¿Quién decide la atención al momento del parto?, ¿Quién decide la atención en el puerperio?, ¿Quién decide el número de hijos que debe tener?, ¿Quién decide el tiempo entre embarazos?, ¿Quién es la persona que decide si debe ser transferida?, ¿Quién decide a dónde debe ser transferida?, ¿Quién le apoya económicamente en el gasto del traslado?, ¿Quién la acompañó en el traslado? y ¿Quién debe acompañarla?. Se capturó toda la información en una base de datos en el programa Microsoft Excel versión 2010 y mediante un análisis descriptivo se calcularon frecuencias para cada variable.

## 19.2 Resultados

De las 31 mujeres que fueron visitadas, se encontró entre los datos sociodemográficos que el rango de edad de las mujeres con complicación obstétrica fue de 18 a 43 años, con una mediana de 26 años. Así mismo, se clasificaron de acuerdo al grupo de edad, obteniendo que 5(16%) se encontraron entre los 15 y 19 años, es decir, eran madres adolescentes; entre los 20 y los 34 años 19 (61%) que corresponden al grupo de edad reproductiva ideal; y de 35 a 40 años y más, se encontraron 7 (23%) mujeres.

De acuerdo al estado civil, 25 (81%) mujeres se encontraron casadas y 6 (19%) vivían en unión libre. En relación al nivel de escolaridad 22 (71%) eran analfabetas y 9 (29%) habían cursado la educación básica. Así mismo se obtuvo que 30 (97%) se dedicaron a las labores del hogar y 1 (3%) tuvo otra ocupación, específicamente desempeñándose como auxiliar de fisioterapia (tabla1).

**Tabla 19** Características sociodemográficas en mujeres complicadas de Yaxcabá, Yucatán

Características sociodemográficas	SI	NO
Edad		
Edad ideal	19(61%)	12(39%)
Edad extremo bajo “madres adolescentes”	5(16%)	
Edad extremo alto	7(23%)	
Estado civil		
Casadas	25(81%)	6(19%)
Unión libre	6(19%)	25(81%)
Educación		
Analfabetas	22(71%)	9(29%)
Con educación básica	9(29%)	22(71%)
Ocupación		
Labor doméstico	30(97%)	1(3%)
Auxiliar de fisioterapia	1(3%)	30(97%)

En relación a los datos ginecoobstétricos se encontró que el rango de edad de inicio de la menstruación fue de 9 a 16 años  $\pm$  12.4 años. De la misma manera se clasificó de acuerdo a grupos de edad, menarca temprana de 9 a 12 años, 16 (52%); menarca media de 13 a 14 años, 11 (35%) y menarca tardía 15 años o más 4 (13%).

También se obtuvo que el rango de gestas fue de 1 a 9 embarazos, con una media de 3.06 embarazos. Con respecto al número de hijos, 18 (58%) de las participantes tuvo de 0 a 2 hijos y 13 (42%) tuvo más de 2 hijos. De acuerdo al número de partos, 24 (77%) de las participantes tuvo al menos un parto, 15 (48%) ha tenido únicamente partos vaginales y 16 (52%) ha experimentado al menos una cesárea.

En relación a la presencia de abortos, 12 (39%) tuvieron al menos 1 aborto. El rango va de 0 a 1, resultando la mayor parte de las mujeres con complicación obstétrica, que 19 (61%) no han presentado ningún aborto. 4 (13%) presentaron preeclampsia-eclampsia, 2 (6%) tuvieron hemorragia, 8 (33%) tuvo algún tipo de infección de transmisión sexual o de vías urinarias, y 5 (16%) presentaron otro tipo de complicación.

En relación al tiempo que tarda una mujer embarazada en reconocer los signos de alarma de una complicación obstétrica, desde el momento de la aparición de éstos hasta que ella se da cuenta de que puede ser indicio de algo malo, se obtuvo que 23 (74%) tardó menos de 1 hora en reconocer los signos de alarma y 8 (26%) tardaron más de 1 hora (Tabla 2).

**Tabla 19.1** Características ginecoobstétricas en mujeres complicadas de Yaxcabá, Yucatán

Datos ginecoobstétricos	SI	NO
Gesta		
Más de 2 hijos	13(42%)	18(58%)
Igual o menos de 2 hijos	18 (58%)	13(42%)
Edad de inicio de menarca		
Temprana	16(52%)	
Ideal	11(35%)	20(75%)
Tardía	4(13%)	
Partos		
Al menos un parto	24(77%)	7(23%)
Sólo partos	15(48%)	16(52%)
Cesárea		
Al menos una cesárea	16(52%)	15(48%)
Abortos		
Al menos un aborto	12(39%)	19(61%)

En cuanto al tiempo que tarda una mujer complicada desde que ya reconoció los signos de alarma de la complicación hasta que decide buscar ayuda se obtuvo que 24 (77%) tardaron menos de 1 hora desde que reconoció los signos de alarma hasta que decide buscar ayuda y 7 (23%) tardaron más de 1 hora en decidir buscar ayuda.

En relación al tiempo que tarda la mujer embarazada desde que decide buscar ayuda y consigue el vehículo de transporte para llegar al hospital, se obtuvo que 29 (94%) tardaron menos de 1 hora desde que decide buscar ayuda hasta que consigue el medio de transporte, únicamente 2 (6%) tardaron más de 1 hora en conseguir vehículo.

De la misma manera se consiguió el registro del tiempo desde el inicio del traslado hasta la llegada al hospital de referencia, obteniéndose que solamente a 3 (10%) le tomó menos de 1 hora desde que consiguió el medio de transporte hasta que llegó al hospital de referencia y a 28 (90%) les tomó más de 1 hora en llegar al hospital.

También se obtuvo el tiempo desde la llegada al hospital de referencia hasta que le brindan atención médica, registrándose que 25 (81%) tardaron menos de 1 hora en atenderlas y únicamente a 6 (19%) tardaron más de 1 hora en brindarles atención médica.

De acuerdo al registro del hospital al que fueron referidas, se obtuvo que 23 (74%) fueron atendidas en un hospital A de segundo nivel, y únicamente 8 (26%) fueron referidas a un hospital B de tercer nivel. En cuanto al poder de decisión, 26 (84%) respondieron que la persona que decide en cuanto a su atención en el embarazo es algún familiar, ya sea el esposo, las madres o suegras o el médico y partera; y solamente 5 (16%) respondieron que son ellas mismas las que decidieron en cuanto a su atención en el embarazo.

En relación a quién es la persona que decide quién la va a atender al momento del parto, 23 (74%) refirieron que fue algún familiar cercano y solamente 8 (26%) dijeron que fueron ellas mismas las que decidieron.

También se recabó que la persona que decide quién la va a atender en el puerperio o también conocido como cuarentena por la población maya, la mayoría, 30 (97%) refirieron que fueron las mamás, suegras, esposo o familiares cercanos los que decidieron, y únicamente 1 (3%) refirió que fue ella misma la que decidió quien debía atenderla en la cuarentena.

En cuanto al aspecto de quién es la persona que decide el número de hijos que se debe tener, la mayoría, es decir 25 (81%) respondieron que fue en pareja o el esposo y 6 (19%) dijeron que fueron ellas únicamente las que decidieron el número de hijos.

Así mismo se obtuvo el dato de quién es la persona que decide el tiempo que debe transcurrir entre embarazos y 21 (68%) dijeron que fue decisión ya sea en pareja, el esposo o si bien nadie, es decir, “no se planea” y solamente 10 (32%) refirieron que fueron ellas nada más las que tomaron ésta decisión.

En relación a quién es la persona que decide si debe ser transferida a otro lugar, y 21 (68%) dijeron que fue la mamá o suegra, el esposo o un familiar cercano quién lo decide, y únicamente 10 (32%) dijeron que fueron ellas mismas las que decidieron.

Seguidamente se investigó sobre quién es la persona que decide a dónde debe ser transferida, 16 (52%) de las participantes dijeron que fueron ellas mismas quienes decidieron a dónde las debían trasladar, y 15 (48%) refirieron que es el esposo o las madres, suegras o familiares cercanos quienes toman la decisión.

En cuanto a quién es la persona que la apoya económicamente para los gastos en el traslado o en atención, ninguna solventa los gastos de manera propia, puesto que 27 (87%) de las mujeres dijeron que es el esposo quién le da dinero y únicamente 4 (13%) dijeron que es la madre, suegra o familiar cercano quién apoya económicamente para los gastos de traslado o atención.

Haciendo referencia a quién fue la persona que la acompañó en el traslado 18 (58%) refirieron que fue el esposo quién la acompañó y 13 (42%) dijeron que fue la mamá, suegra o familiar cercano quién acompañó en el traslado. Cabe recalcar que algunas de las que fueron acompañadas por alguien diferente al esposo mencionaron “él estaba trabajando, así que no estaba en la casa”, otras refirieron “prefiero que sea mi mamá quién me acompañe”.

Concluyendo a quién piensan las participantes que debió acompañar, 23 (74%) dijeron “el esposo es quién debe ser, pero a veces no está, así que tiene que ser otra persona” y únicamente 8 (26%) refirieron que debió ser la madre, suegra o un familiar cercano quien debe acompañarla (Tabla 3).

**Tabla 19.2** Poder de decisión en cuanto a la atención durante el embarazo en mujeres complicadas de Yaxcabá, Yucatán

De decisión	SI	NO
Decide ella atención embarazo	5(16%)	26(84%)
Decide ella atención parto	8(26%)	23(74%)
Decide ella atención puerperio	1(3%)	30(97%)
Decide ella número de hijos	6(19%)	25(81%)
Decide ella tiempo entre embarazos	10(32%)	21(68%)
Decide ella si debe ser transferida	10(32%)	21(68%)
Decide ella dónde deber ser transferida	16(52%)	15(48%)
Esposo brinda apoyo económico	27(87%)	4(13%)
Acompañó esposo en traslado	18(58%)	13(42%)
Debe acompañar esposo en traslado	23(74%)	8(26%)

### 19.3 Discusión

En éste estudio encontramos factores frecuentes en la mujer con complicación obstétrica, que pusieron en riesgo la salud de la embarazada. Se identificaron factores sociodemográficos, ginecoobstétricos, tiempo de las demoras en la atención obstétrica y de decisión de búsqueda de atención. Nuestra muestra fue de 31 mujeres que cursaron con alguna complicación obstétrica. Los resultados obtenidos en cuanto al perfil de mujeres embarazadas que tuvieron alguna complicación obstétrica fueron similares a estudios latinoamericanos reportados, como fue el bajo nivel de escolaridad y el inicio de la menarquia temprana (SEGOB, 2013; Ossa et al, 2012). En cuanto a los tiempos de demora, la mayoría tardó el mínimo tiempo en reconocer los signos de alarma de la complicación desde el momento de su aparición, así como decidir buscar ayuda desde que reconoció los signos de alarma de la complicación y desde que decidió buscar ayuda y consiguió el vehículo de transporte para llegar al hospital.

Estos hallazgos difieren con los encontrados por Rodríguez y Col. en 2012, en los que las mujeres de otras comunidades mayas no reconocieron los signos de alarma de complicación. En este mismo estudio, se revisaron certificados y expedientes de defunciones maternas ocurridas de 2006 a 2008 y el modelo de las tres demoras fue aplicado para analizar retrasos en la atención de la complicación. Se encontraron retrasos en recibir atención de calidad en un establecimiento de salud (tercera demora) y no reconocer signos de alarma para la complicación (primera demora). La tercera y la primera demoras contribuyeron con el 82.4% del total de retrasos (Rodríguez et al, 2012).

En relación a la demora encontrada en llegar al hospital de referencia (90% de las mujeres), sugiere que los hospitales quedan a una distancia considerable desde la comunidad de origen, por lo que valdría la pena realizar estudios para evaluar el sistema de referencia de las embarazadas. En este estudio encontramos que la mayoría de las mujeres fueron atendidas de inmediato a la llegada al hospital de referencia.

Otro aspecto que cabe recalcar, es que el hecho de conseguir el vehículo de transporte para el traslado conlleva varios aspectos, desde acudir al centro de salud y solicitar la hoja de referencia, posteriormente dirigirse con dicho documento a las autoridades municipales para que brinden la ambulancia o vehículo de traslado, además de contar con que se encuentre el chofer o el encargado del vehículo, hasta por último considerar la distancia desde el municipio hasta el hospital de referencia. Si bien no se cuantifica todo lo anterior en éste apartado, se hace énfasis en el tiempo que tarda en conseguir el medio de transporte, puesto que implica que la mujer complicada además tenga que estar pensando en éste aspecto, y esto a su vez puede llevar a mayor estrés y gravedad de su estado general.

Se hace hincapié en que la distancia desde el municipio de Yaxcabá al hospital B es alrededor de hora y media a dos horas, y de Yaxcabá a alguno de los hospitales de segundo nivel es alrededor de una hora a hora y media. Es importante recalcar que éste tiempo es tomado desde la cabecera de Yaxcabá, por lo tanto puede ser aún mayor el tiempo de traslado desde cualquiera de las 36 comisarías del municipio.

Por otro lado se puede señalar que la persona que decide quién la debe atender en el embarazo, al momento del parto, en el puerperio y si debe ser transferida o no, es el esposo, la mamá, suegra o familiar cercano. De la misma manera se señaló que la persona que la apoyó económicamente, la acompañó en el traslado y quien la debe acompañar es el esposo. En cuanto a quién decide el número de hijos y el tiempo entre estos, ellas señalaron que es una decisión de la pareja, o solo del esposo; no decide quién la debe atender y solo la mitad de ellas decidió a dónde debía ser transferida para su atención, lo que podría indicar que ellas no tienen el poder de decidir sobre lo que desean durante su embarazo, parto y puerperio o bien podría ser que ellas prefieren dejar que otros tomen esas decisiones por ellas (Enciso, 2003).

Hirose et al, realizó un estudio en 2011 para identificar los factores de riesgo asociados con los retrasos en la búsqueda de atención entre las mujeres ingresadas en condiciones peligrosas para la vida a un hospital de maternidad en Herat, Afganistán, entre febrero de 2007 a enero de 2008. Entre 472 mujeres elegibles y sus maridos, se llevaron a cabo 411 entrevistas con familia, y la información sobre los factores sociodemográficos, estado de la mujer y de los recursos sociales, las redes sociales del marido; accesibilidad cuidado de la salud y la utilización, los costos de atención que buscan. Decisiones y retrasos en la salida fueron evaluados cuantitativamente de los tiempos registrados de reconocimiento de los síntomas, la decisión de búsqueda de atención, y la salida de los centros de salud.

Los análisis de regresión normales sugieren que aunque los factores determinantes de la decisión de retardo fueron influenciados por la naturaleza y los síntomas de las complicaciones, la captación de la atención prenatal (ANC) y el plan de parto reducen la demora en la decisión en el momento de la emergencia obstétrica. El acceso a la atención y las redes sociales reducen el retardo de la salida.

Esfuerzos programáticos pueden dirigirse contra la explotación de los roles de ANC y de los recursos sociales para facilitar el acceso a la atención obstétrica de emergencia (Hirose et al, 2011). Los resultados de Hirose y las conclusiones a las que llega coinciden con muchos de nuestros hallazgos y aunque es una cultura diferente en las que se llevó a cabo el estudio, tal parece que las barreras y factores que influyen en los riesgos de las embarazadas que ponen en peligro su vida y la de su futuro hijo son muy similares a las encontradas en el presente estudio.

#### **19.4 Conclusiones**

Es necesario continuar con estudios que identifiquen factores y barreras que pueden influir en la salud de la embarazada, los cuales facilitarían la prevención de las complicaciones, así como también la capacitación permanente tanto a personal de salud en el primer nivel de atención como para la comunidad.

También sería adecuado acercar los servicios de salud para las embarazadas o quizás lo más apropiado sería la existencia de un hospital más cercano, o bien que las clínicas de primer nivel cuenten con la infraestructura y los recursos tanto humanos como materiales, necesarios para brindar una atención de calidad, y así prevenir la muerte materna en mujeres con complicación obstétrica.

#### **19.5 Agradecimientos**

A la Fundación Kellogg's y a la Unidad de Proyectos Sociales de la Universidad Autónoma de Yucatán por el apoyo financiero para llevar a cabo el estudio.

#### **19.6 Referencias**

1. Norma Oficial Mexicana NOM-007-SSA2-1993. (1995). Atención de la mujer durante el embarazo, parto y puerperio y del recién nacido. Criterios y procedimientos para la prestación del servicio. Recuperado de <http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/007ssa23.html>
2. Conde-Agudelo A, Belizan JM, Lammers C (2004). Maternal-perinatal morbidity and mortality associated with adolescent pregnancy in Latin America: Cross-sectional study. *American Journal of Obstetrics and Gynecology*, 192, 342–49. Recuperado de <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs348/es/>
3. Patton GC et al (2009). Global patterns of mortality in young people: a systematic analysis of population health data. *Lancet*, 374:881–892. Recuperado de <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs348/es/>
4. Cousens S et al (2011). National, regional, and worldwide estimates of stillbirth rates in 2009 with trends since 1995: a systematic analysis. *Lancet*, 377(9774):1319-30. Recuperado de <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs348/es/>

5. WHO (2012). Maternal mortality. Recuperado de <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs348/es/>
6. Thaddeus S, Maine D (1994). Too far to walk: maternal mortality in context. *Soc Sci Med*; 38(8):1091-110.
7. Secretaría de Gobernación. (2013). Ley General de Educación. DOF. Recuperado de [http://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5313841&fecha=11/09/2013](http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5313841&fecha=11/09/2013)
8. OSSA et al (2012). Edad de menarquia y ascendencia indígena. Un estudio poblacional en Chile. *Rev Med Chile*; 140: 1035-1042. Recuperado en <http://www.scielo.cl/pdf/rmc/v140n8/art10.pdf>
9. Rodríguez et al (2012). Demoras en la atención de complicaciones maternas asociadas a fallecimientos en municipios del sur de Yucatán, México. *Rev Biomed*; 23: 23-32. Recuperado de <http://www.revbiomed.uady.mx/pdf/rb122313.pdf>
10. Enciso, G. F. (2003). Las mujeres de humo: morir en Chenalho: género, etnia y generación, factores constitutivos del riesgo durante la maternidad. CIESAS.
11. Hirose et al (2011). Difficulties leaving home: a cross-sectional study of delays in seeking emergency obstetric care in Herat, Afghanistan. *Soc Sci Med.*; 73 (7): 1003-13. Recuperado de <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21862194>

## **Importancia de la alveolitis seca y su atención oportuna**

Alma Leyva, Guadalupe Capetillo, Salvador Cortés, Leticia Tiburcio y Clara Parra

A. Leyva, G. Capetillo, S. Cortés, L. Tiburcio y C. Parra

Institución: Facultad de Odontología, Región Veracruz, Universidad Veracruzana, Juan PabloII s/n Col. Mocambo, Boca del Río, Veracruz  
gcapetilloh@hotmail.com

M. Ramos., V.Aguilera., (eds.).Ciencias Naturales y Exactas, Handbook -©ECORFAN- Valle de Santiago, Guanajuato, 2014.

## Abstract

**Introduction:** Dry socket is a postoperative complication that can occur frequently after tooth extraction. The main symptom is pain, which is not located with the use of traditional analgesics. Treatment should be local and systemic; in the local treatment should be performed by washing the alveolus and placing antiseptic substances; systemic treatment patient is prescribed powerful painkillers to relieve pain.

**Objective:** To determine the level of knowledge among students of the Faculty of Dentistry at the University of Veracruz, Veracruz region with respect to the dry alveolitis.

**Methods:** A cross-type and quantitative study, with a population of 110 students and a sample of 96 as the selection criteria. Questionnaire was used, database and statistical analysis was performed in Excel.

**Results, Conclusions:** 39.58% of the students surveyed have a normal level of knowledge on dry alveolitis, 37.5% with a mean level, 18.75% at a good level and 4.16% with a very good level, therefore, students do not have the sufficient knowledge to diagnose and treat this complication. In addition to a false perception of their own knowledge.

## 20 Introducción

La Alveolitis seca o alveolo seco (AS) es una de las complicaciones que puede presentarse después de una exodoncia, esta complicación ha sido definida como dolor postoperatorio, en y alrededor del alveolo, que se incrementa entre el segundo y cuarto día post-exodoncia, acompañada de una desintegración total o parcial del coagulo intraalveolar.

La frecuencia de que dicha complicación aparezca es muy amplia, es por ello que antes de iniciar una exodoncia, debe existir una formación lo suficientemente sólida para actuar de manera reglada y con conocimiento de causa, evitando las improvisaciones y los actos quirúrgicos que no estén fundamentados científicamente; todo esto con el fin de prevenir la presencia de complicaciones durante y después de la exodoncia, por ello la importancia de esta investigación.

La Alveolitis seca es una complicación que puede preverse durante el diagnóstico del caso y por lo tanto el paciente debe ser informado previamente. La variedad de posibles complicaciones en la exodoncia es grande; estas surgen debido a errores de diagnóstico, por malas indicaciones, mal uso de instrumentos, aplicación de fuerza excesiva y por no visualizar de forma correcta la zona operatoria antes de actuar.

Como dice Kruger "para hacer bien, tienes que ver bien" aplicado a la exodoncia, añade "haga bien lo que vea".

**Justificación.** Desafortunadamente la alveolitis seca que es una complicación postoperatoria, que aún no cuenta con una etiología definida, por lo que la principal arma para evitar que aparezca es la prevención; son muchos los factores que hoy en día son tomados en cuenta para definir cuál es la causa real de la Alveolitis seca, dentro de los cuales se encuentran: aumento de la actividad fibrolítica local, presencia de bacterias, consumo de tabaco, uso de anticonceptivos orales, presencia de restos óseos o dentarios, uso de anestésicos con vasoconstrictor, la dificultad de la cirugía, mala higiene oral y la edad.

En la actualidad el principal objetivo de su tratamiento consiste en el control de dolor, usando medidas paliativas, tales como el riego de soluciones dentro del alveolo, procedimientos manuales o uso de una gran variedad de materiales como pastas o apósitos a base de agentes antimicrobianos, antisépticos o analgésicos; por eso es muy importante que tanto el cirujano dentista como el alumno se encuentren bien documentados y capacitados para poder resolver una complicación que como ya se mencionó es una de las complicaciones más comunes que se pueden llegar a presentarse después de una exodoncia; todo esto es con el único fin de prevenir y si es necesario dar un correcto tratamiento a dicha complicación postoperatoria.

A hora bien, la concurrencia de la sociedad a la Facultad de Odontología de la Universidad Veracruzana, región Veracruz es muy amplia, debido a que el costo de los servicios odontológicos son bajos en comparación con instituciones privadas, por lo tanto, los alumnos tienen que contar con los conocimientos adecuados para resolver cualquier complicación que se les presente, en este caso hablamos de la Alveolitis seca; por consiguiente es importante saber ¿Cuál es el nivel de conocimientos que tienen los alumnos de la Facultad de Odontología de la Universidad Veracruzana con respecto a la Alveolitis seca?

## 20.1 Marco Teórico

Antes de iniciar una exodoncia, debe poseerse una formación lo suficientemente sólida para actuar de manera reglada y con conocimiento de causa, evitando las improvisaciones y los actos quirúrgicos que no estén fundamentados científicamente; todo esto con el fin de prevenir la presencia de complicaciones durante y después de la exodoncia.

Dentro de la variedad de complicaciones que se pueden presentar por un mal diagnóstico y un mal tratamiento se encuentra la alveolitis seca, la cual ha sido clasificada como una complicación postoperatoria por muchos autores (Cosme Gay Escoda, Leonardo Berini Aytes, 2004) (Raspall, 2007).

Dicha complicación ha sido definida como el dolor postoperatorio en y alrededor del alveolo dentario, el cual se incrementa con severidad en algún momento entre el segundo y el cuarto día postexodoncia, acompañada de una desintegración parcial o total del coágulo sanguíneo intraalveolar, presentando o no halitosis e inflamación local del alveolo dentario (Torres Lagares D, 2005).

La alveolitis seca suele ser la consecuencia de una perturbación de la cicatrización de la herida alveolar, tras la exodoncia dental. Se le considera un estado necrótico del proceso alveolar o de los septos óseos que, ante la ausencia de vasos sanguíneos, no permite la proliferación de capilares, ni de tejido de granulación para organizar el coágulo sanguíneo. Es decir el coágulo al no organizarse, se desintegra (Cosme Gay Escoda, Leonardo Berini Aytes, 2004).

El término de Alveolitis seca (AS) apareció por primera vez en la literatura en 1896 y fue introducido por Crawford (Crawford, 1896) (Benjamín, 2011). Desde entonces se han utilizado muchos términos para referirse a esta complicación tales como osteítis alveolar, alveolitis, osteítis localizada, alveolitis seca dolorosa, alveolitis fibrolítica, dry socket, alveolalgia, osteomielitis, síndrome osteomielítico postextracción, entre otros (Torres Lagares D, 2005)

En enero de 2007 fue publicado por el Journal de Cirugía Oral y Maxilofacial un artículo en el cual se define a la Alveolitis seca como el dolor postoperatorio, que se inicia entre el 2do a 4to día después de la exodoncia de un diente, en la cual existe la pérdida del coágulo en los alvéolos (Lennart Hedström, DDS, MDSa and Petteri Sjögren, DDS, PhD, a Varberg, Sweden, 2007).

Actualmente no existe un conocimiento concreto de cuál es la etiología del proceso, los factores incriminados son numerosos, y pueden tener una incidencia variable en la patogenia de la Alveolitis seca, dentro de los cuales se encuentran: edad, sexo y uso de anticonceptivos orales, estado general del paciente, consumo de tabaco, aumento de la actividad fibrolítica local, presencia de bacterias, trauma quirúrgico y dificultad de la exodoncia, uso de anestésicos con vasoconstrictor y presencia de restos óseos o dentarios.

La edad avanzada ha sido detectada por algunos autores como un factor asociado a tasas mayores de alveolitis seca, aunque bien es cierto que no siempre ha sido estadísticamente significativa. En los pacientes con inmunosupresión o diabéticos puede estar dificultada la cicatrización y ser más propensos a desarrollar cuadros de alveolitis seca.

Para Cosme Gay la edad si puede ser un factor predisponente, debido a que en un paciente joven el ligamento periodontal es muy delgado y muy vascularizado; en cambio en un adulto es espeso y mal vascularizado (Cosme Gay Escoda, Leonardo Berini Aytes, 2004) (Camila Lopes Cardoso, 2010).

El uso de contraceptivos orales y el sexo femenino también han sido relacionados con la presencia de Alveolitis seca. Los estrógenos y otras drogas activan el sistema fibrinolítico de una forma indirecta (aumentando los factores II, VII, VIII, X y el plasminógeno), contribuyendo a la lisis prematura del coágulo y al desarrollo de la Alveolitis seca (Torres Lagares D, 2005) (Fredric L. Bonine, DDS, MS, a Brighton, Mich., 1995).

En un estudio realizado en el 2003 se menciona que los anticonceptivos que contiene estrógeno afectan la coagulación sistémica (Garcia AJ, 2003).

Las dosis de estrógenos endógenos cambiantes durante el ciclo menstrual también influirían en este sentido, disminuyendo la influencia fibrinolítica de los mismos en los días 23 a 28 del ciclo menstrual.

El estado del paciente tiene un papel variable, y difícil de valorar; no obstante, la disminución de la capacidad inmunológica debido a enfermedades generales (anemias), metabólicas (diabetes), etc., favorece el proceso, al igual que el seguimiento de un tratamiento farmacológico prolongado como corticoides (Cosme Gay Escoda, Leonardo Berini Aytes, 2004) (Antonia Kolokythas, 2010).

La posible disminución de la capacidad defensiva y regenerativa debida a una causa endógena, hace que se hable de un déficit inmunitario o más genéricamente de la llamada disreactividad hística. En este aspecto es interesante la hipótesis que considera el papel de los antígenos de histocompatibilidad que favorecerían la aparición de un cuadro de alveolitis seca. Esta conclusión deriva de la ya aceptada secuencia de genes, que determina algún tipo de patología de origen infeccioso o autoinmune como la periodontitis y la aftosis recurrente (Cosme Gay Escoda, Leonardo Berini Aytes, 2004).

Al mencionar es estado general del paciente también nos referimos a la higiene oral la cual es un punto clave en el éxito de todo tratamiento dental. Los malos hábitos de higiene oral pueden llegar a favorecer a los padecimientos infecciosos.

La infección previa del diente extraído o también la infección introducida en el alvéolo después de haber extraído el diente, pueden influenciar de forma moderada la aparición de la alveolitis seca, aunque muchas exodoncias son realizadas con infección o abscesos sin que se presente.

En condiciones normales, la saliva está dotada de una cierta actividad fibrinolítica por ello, un exceso de saliva en la herida postextracción puede dar lugar a una curación retardada. Algunos autores remarcan que después de una intervención quirúrgica en la cavidad bucal, la actividad fibrinolítica salivar sufre una disminución a causa de un factor inhibitorio, lo que representaría un mecanismo que preserva el coágulo sanguíneo y favorece la curación de la herida quirúrgica. Si falta este factor inhibitorio, existe un aumento de la tasa de plasmina salivar y se instaura un cuadro de alveolitis seca. Entre las 24 y las 48 horas se inicia el proceso de lisis del coágulo que continúa con la penetración de bacterias saprófitas, hasta que en el fondo del alvéolo se forman residuos necróticos (Cosme Gay Escoda, Leonardo Berini Aytes, 2004) (Antonia Kolokythas, 2010).

El tabaquismo se ha considerado por Blum como un factor predisponente para la presencia de la osteítis alveolar, el afirma que la tasa de osteítis alveolar aumenta un 20% en pacientes que fuman más de un paquete por día y un 40 % si el paciente fuma en el día de la cirugía o en el postoperatorio inmediato (IR, 2002) (Camila Lopes Cardoso, 2010). La incorporación de contaminantes a la herida o el efecto de succión sobre el coágulo en formación han sido los mecanismos por los que el tabaco puede interferir en la cicatrización alveolar.

No existen datos científicos que relacionen el calor, el humo o los efectos sistémicos del tabaco con la aparición de alveolitis (IR, 2002), sin embargo se han realizado estudios en los cuales se ha encontrado una mayor incidencia de casos de Alveolitis seca en pacientes que consumen tabaco, tal es el caso de estudio realizado en 1995 en el cual se encontró mayor incidencia de esta complicación postoperatoria en los pacientes que consumían tabaco de los que no lo hacían (Fredric L. Bonine, DDS, MS, a Brighton, Mich., 1995).

Existen numerosas teorías con respecto a la etiología de la Alveolitis seca dentro de las que se encuentra la teoría del aumento de la actividad fibrinolítica local, que se menciona que tras la exodoncia del diente se pone en marcha un proceso inflamatorio que podría afectar a la formación y retención del coágulo, por efecto de las quininas liberadas en el proceso de inflamación o bien por una activación directa o indirecta del plasminógeno, lo cual causa que se desintegre la fibrina, afectando a la firmeza del coágulo y facilitando la aparición de la Alveolitis (Antonia Kolokythas, 2010) (H, 1970) (Torres Lagares D, 2005).

Otra teoría de aceptación por varios autores es la teoría bacteriana que es avalada por la existencia de un alto recuento de bacterias pre y postoperatorio alrededor del sitio de la exodoncia, en los pacientes que sufrieron Alveolitis seca respecto a los que no la sufrieron (Torres Lagares D, 2005)

En esta teoría se hace hincapié a la presencia de gérmenes anaerobios y el dolor se debería al efecto de las toxinas bacterianas en las terminaciones nerviosas del alveolo. Además la Alveolitis seca sería más frecuente en pacientes con una deficiente higiene oral (Peñarrocha M, 2001), o cuando existiera pericoronaritis previa o enfermedad periodontal concomitante (Torres Lagares D, 2005). Esta teoría vendría avalada por el descenso en la aparición de la alveolitis provocada con el uso de agentes antimicrobianos.

El trauma quirúrgico y la dificultad de la cirugía juegan un papel significativo en el desarrollo de la Alveolitis seca, un mayor trauma produce un retraso en la curación alveolar, y puede dar lugar a trombosis de los vasos subyacentes y a una menor resistencia a la infección por parte del hueso alveolar.

La experiencia del cirujano, la duración de la intervención quirúrgica y el tipo de extracción dentaria son factores determinantes en el posible daño al hueso alveolar (Antonia Kolokythas, 2010) (Cosme Gay Escoda, Leonardo Berini Aytes, 2004) (Torres Lagares D, 2005).

Este se produce por tres mecanismos: compresión de la cortical, trombosis de los vasos circundantes y vasoconstricción del territorio irrigado por los vasos faciales. Todo esto produce la reducción del aporte sanguíneo al lugar de la exodoncia, un defecto de la formación del coágulo y finalmente una disminución de la resistencia a las infecciones locales.

También se menciona que el uso de vasoconstrictor y la técnica de infiltración utilizada generan la poca irrigación sanguínea para la formación del coágulo (Antonia Kolokythas, 2010) (Ahmad-Reza Noroozi, DDS,a and Rawle F. Philbert, 2009).

Algunos autores han sugerido que los fragmentos de restos óseos o restos dentarios podrían conducir a la curación alterada y contribuir a desarrollo de la Alveolitis seca (IR, 2002). Simpson, en su estudio, mostró que los pequeños fragmentos de hueso son comunes después de una exodoncia y estos fragmentos no necesariamente causan complicaciones ya que a menudo externalizados por vía oral epitelio (IR, 2002) (Antonia Kolokythas, 2010).

## 20.2 Cuadro clínico y diagnóstico

El cuadro clínico de esta complicación puede llegar a presentarse de dos a cuatro días después de la exodoncia. La Alveolitis seca clínicamente se caracteriza por la existencia de una alveolo desnudo, sin presencia de coágulo sanguíneo, con las paredes óseas expuestas y los bordes gingivales separados. Tras la exodoncia, el coágulo sanguíneo se pierde de una forma prematura, primero adoptando una coloración grisácea para posteriormente desaparecer completamente. (Antonia Kolokythas, 2010) (Cosme Gay Escoda, Leonardo Berini Aytes, 2004) (IR, 2002) (Torres Lagares D, 2005).

### Sintomas

Estos suelen empezar del segundo al cuatro día después de la exodoncia, aunque en ocasiones puede empezar de forma precoz (en las primeras horas) o de forma tardía (después de los 4 días). Un síntoma muy característico de esta complicación postoperatoria es el dolor intenso y tomentoso con irradiaciones, el cual aumenta con la succión o la masticación y que en la mayoría de los casos impide la actividad normal del paciente y especialmente el sueño.

### Tratamiento

Este es encaminado por una parte a la curación del proceso y por otra al alivio del intenso dolor que produce el cuadro de dicha complicación. El hueso denudado de las paredes del alvéolo se necrosa y será sustituido por hueso normal mediante el propio ciclo regenerativo del hueso que, de seguir un proceso normal, tendrá una duración de 2 a 3 semanas (Cosme Gay Escoda, Leonardo Berini Aytes, 2004)..

### Tratamiento local:

Lo que se pretende hacer con el tratamiento local es acelerar al máximo la regeneración del hueso normal y para ello deberemos realizar (Cosme Gay Escoda, Leonardo Berini Aytes, 2004) (Raspall, 2007).

- **Limpieza de la cavidad:** Esta se tiene que llevar acabo con irrigaciones de suero fisiológico estéril (templado), con lo cual intentaremos arrastrar todas las partículas de restos de coágulo, comida, etc., que existan en el interior. Este debe ser generoso con abundante suero fisiológico estéril, sin hacer una presión excesiva en el momento de lanzarlo al interior del alvéolo.

- **Retirar restos:** De forma muy cuidadosa, se deben retirar los restos que puedan quedar en el interior del alvéolo, aunque siempre **sin efectuar un curetaje violento** de la cavidad alveolar.
- **Colocación de apósitos en el alveolo:** En la actualidad existe una gran cantidad de fórmulas y pastas para el tratamiento local de la alveolitis seca. Todas ellas lo que intentan es ayudar a la disminución del dolor producido al estar el hueso denudado y además pretenden acelerar el proceso de granulación para que se forme un nuevo tejido óseo.

Los enjuagues antisépticos como la clorhexidina, usados antes y después de cualquier extracción han demostrado tener buena eficacia en la prevención y tratamiento de la Alveolitis seca (Benjamín, 2011). La mayoría de pastas que se usan para el tratamiento local de la Alveolitis seca son a base de Eugenol y Glicerina, asociados a antibióticos o lidocaína (Cosme Gay Escoda, Leonardo Berini Aytes, 2004).

Hasta la fecha el uso de apósito de óxido de zinc y eugenol, combinado con anestésico tópico colocado en el interior del alveolo han dado buenos resultados en el tratamiento de la Alveolitis seca. Cosme Gay menciona que se puede utilizar una gasa yodoformada al 5% e impregnada, sin exceso, con eugenol. Estas gasas deberán cambiarse hasta que exista tejido de granulación en las paredes de la cavidad alveolar; para ello es necesario llevar un control clínico del caso cada 2 ó 3 días hasta que ceda el dolor. A continuación deberá irrigarse el alvéolo después de cada comida mediante una jeringa, durante aproximadamente 3 semanas y con sustancias antisépticas como la clorhexidina (Cosme Gay Escoda, Leonardo Berini Aytes, 2004) (Benjamín, 2011).

### **Tratamiento sistémico**

- La utilización de analgésicos va a depender de la severidad del dolor, aunque debemos recordar que se suele tratar de un dolor intenso.
- Los antibióticos suelen prescribirse para evitar la posible infección del alvéolo, pero no son necesarios en sí para la curación de la alveolitis seca, esto es de acuerdo al criterio del odontólogo tratante.

## **20.3 Materiales y métodos**

### **Objetivos**

#### **Objetivo general**

Determinar el nivel de conocimientos que tienen los alumnos de la Facultad de Odontología, de la Universidad Veracruzana, región Veracruz con respecto a la Alveolitis seca.

#### **Objetivos específicos:**

- Identificar si los alumnos de la facultad de Odontología, de la Universidad Veracruzana conocen cuáles son los factores predisponentes de la Alveolitis seca.
- Identificar el porcentaje de alumnos de la Facultad de Odontología de la Universidad Veracruzana que tienen conocimiento sobre el tratamiento indicado para la Alveolitis seca.
- Determinar cuáles son los aspectos que desconocen los alumnos de la Facultad de Odontología de la Universidad Veracruzana acerca de la Alveolitis seca.

### **20.3 Hipótesis**

#### **Hipótesis de trabajo**

Los alumnos de la facultad de Odontología de la Universidad Veracruzana cuentan con los conocimientos básicos para poder identificar y tratar la Alveolitis seca.

#### **Hipótesis nula**

Los alumnos de la facultad de Odontología de la Universidad Veracruzana no cuentan con los conocimientos básicos para poder identificar y tratar la Alveolitis seca.

### **20.4 Variables**

#### **Alveolitis seca**

Es una complicación postoperatoria que se presenta desde de una exodoncia; es definida como dolor en y alrededor del alveolo que se presenta 1 o 3 días después de la extracción dental.

#### **Manejo adecuado**

El manejo adecuado de la Osteítis alveolar se basa en diagnosticar correctamente dicha complicación.

#### **Factores que intervienen en la Alveolitis seca**

Edad, sexo y uso de anticonceptivos orales, estado general del paciente, consumo de tabaco, aumento de la actividad fibrolítica local, presencia de bacterias, trauma quirúrgico y dificultad de la exodoncia, uso de anestésicos con vasoconstrictor y presencia de restos óseos o dentarios.

#### **Alumnos que están cursando y que ya cursaron la materia de exodoncia II**

Alumnos que han cursado la materia de exodoncia 1 y que cuentan con los conocimientos para diagnosticar y tratar la Alveolitis seca.

#### **Tipo y diseño general del estudio**

Se realizó un estudio de tipo transversal, cuantitativo, prospectivo con los alumnos que Alumnos que han cursado la materia de exodoncia 1 y que cuentan con los conocimientos para diagnosticar y tratar la Alveolitis seca. Con en el fin de evaluar el nivel de conocimiento que tienen sobre dicha complicación postoperatoria.

El cual se aplicó a los alumnos de cualquier edad y sexo, que quisieron participar en la investigación y que contaran con los criterios de inclusión. El análisis cuantitativo fue realizado con estadística descriptiva, expresada por tablas y gráficas, llevado a cabo por medio del programa Excel.

### **20.5 Criterios para la investigación**

#### **Criterios de inclusión**

- Alumnos que cursaron la experiencia educativa de exodoncia I.

### Criterios de exclusión:

- Alumnos que no han cursaron y/o cursan la experiencia educativa de exodoncia I.

### Criterios de eliminación:

- Cuestionarios que no se encuentren contestados al 100%.
- Cuestionarios en los cuales se marcaron 2 o más respuestas en una misma pregunta.
- Alumnos que no quieran participar en la investigación
- Alumnos que no pertenezcan a la Universidad Veracruzana.

### Procedimientos para la recolección de información

Se utilizó un cuestionario para la recolección de la información basado en la investigación realizada sobre el tema de Alveolitis seca, el cual se aplicó a los alumnos de Odontología de la Universidad Veracruzana, región Veracruz que ya cursaron la experiencia educativa de exodoncia I. Se evaluaron 110 cuestionarios de los cuales nuestra muestra fue de 96 cuestionarios. Se evaluaron el instrumento, se graficó y se analizaron los resultados obtenidos en el programa de Excel, se graficó en los siguientes niveles: Muy bueno, bueno, regular y malo.

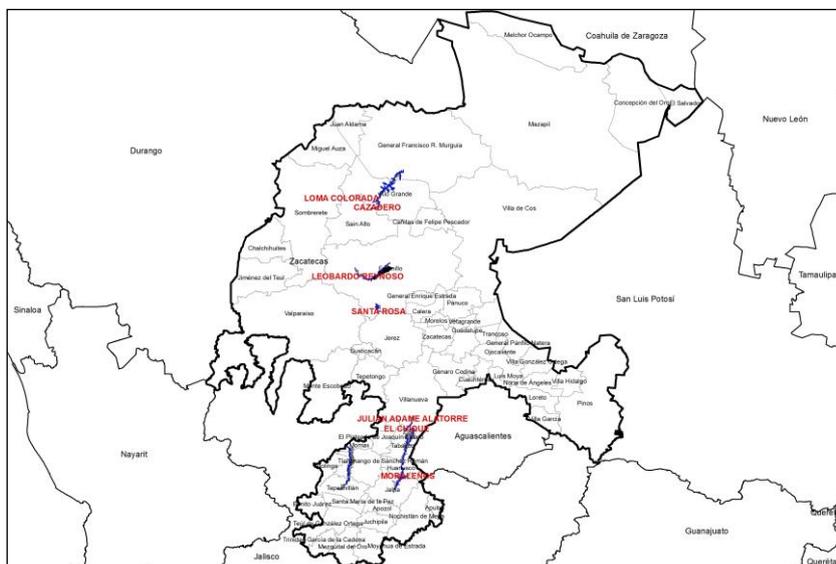
Después de graficar los datos recopilados se analizaron los resultados y se formularon las conclusiones de la presente investigación

## 20.6 Resultados y discusión

### Caso de estudio:

Los datos climatológicos a analizar, temperatura máxima, temperatura mínima y precipitación, corresponden al distrito de riego 034 estado de Zacatecas conformado por seis módulos de riego, ubicándose tres de ellos en la zona norte del estado y tres más en la zona sur del mismo. Los módulos de riego que integran el distrito 034 son los siguientes: Módulo1 Leobardo Reynoso; Módulo 2 Santa Rosa; Módulo 3 Excamé; Módulo 4 Ing. Julián Adame Alatorre; Módulo 5 El Chique; y Módulo 6 El Cazadero (ver Figura 1).

**Figura 20** Ubicación geográfica de los módulos del distrito de riego 034 estado de Zacatecas



En cinco de los seis módulos de riego se cuenta con una estación climatológica convencional ubicada en la cortina de la presa que abastece a cada zona de riego y el módulo 1 "Leobardo Reynoso" carece de esta condición, pero dispone de una estación climatológica convencional dentro del polígono que delimita su superficie de riego.

Los datos generales de las seis estaciones base del estudio y sus registros históricos diarios corresponden a los reportados en la base CLICOM de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) y se presentan en la Tabla 2 donde se remarcan en negritas.

De acuerdo a estos registros cuatro de las seis estaciones base presentan más del 90% de información climatológica en todo su periodo de operación y las dos restantes tienen más del 82% de datos. Sin embargo para realizar el análisis de homogeneidad se tiene que contar con series continuas, por lo que es necesario estimar la información faltante a partir de datos existentes.

Para este objetivo se ubicaron las estaciones climatológicas más cercanas a las estaciones base de cada módulo de riego y se seleccionaron aquellas que disponen de la información necesaria para completar los datos faltantes (ver Tabla 2).

**Tabla 20** Estaciones climatológicas base en los módulos del distrito de riego 034

Clave Oficial	Nombre	Municipio	Latitud			Longitud			Altitud msnm	Fecha		Años	% datos
			G	M	S	G	M	S		Inicio	Final		
32018	El Sauz	Fresnillo	23	16	54	103	06	32	2,096	1939-06	2010-12	71.5	89.3
	Módulo 1												
32020	Fresnillo	Fresnillo	23	10	26	102	53	27	2,201	1949-09	2010-12	61.2	78.4
32053	Santa Rosa	Fresnillo	22	55	33	103	06	46	2,236	1941-09	2010-12	69.2	90.4
32053	Santa Rosa	Fresnillo	22	55	33	103	06	46	2,236	1941-09	2010-12	69.2	90.4
	Módulo 2												
32020	Fresnillo	Fresnillo	23	10	26	102	53	27	2,201	1949-09	2010-12	61.2	78.4
32018	El Sauz	Fresnillo	23	16	54	103	06	32	2,096	1939-06	2010-12	71.5	89.3

### Análisis de las series de tiempo

Una vez completadas las series diarias de cada estación climatológica, tres por cada estación (temperatura máxima, temperatura mínima y precipitación), se realizaron las pruebas de homogeneidad para evaluar su consistencia y determinar el periodo de tiempo en el cual la información es confiable. El análisis de homogeneidad de datos diarios es un problema de solución complicada pues éstos exhiben distribuciones de extremos amplios que son de difícil estimación, siendo este tipo de análisis un área abierta a la investigación. Un enfoque comúnmente usado entre los analistas del clima es realizar el análisis de homogeneidad a las series mensuales derivadas de datos diarios y es el procedimiento que se adoptó en este trabajo.

La hipótesis nula  $H_0$  considerada en las tres pruebas de homogeneidad fue que las observaciones son independientes e idénticamente distribuidas, por lo tanto, todas las permutaciones posibles son igualmente probables; mientras que la hipótesis alternativa  $H_1$  fue que un cambio en el valor promedio ocurre.

El nivel de significación considerado fue  $\alpha = 5\%$ . Se seleccionaron series mensuales de temperatura máxima, temperatura mínima y precipitación de igual tamaño en cada estación climatológica aunque éste varía entre estaciones por el año en que iniciaron su operación.

Se aplicaron las pruebas a cada estación sin considerar las condiciones y resultados de las otras estaciones, puesto que el objetivo es identificar información confiable para desarrollar estudios posteriores de cambio climático para cada módulo de riego. Los resultados de las pruebas de homogeneidad fueron clasificados de acuerdo a los siguientes criterios:

Clase A; Útil. La serie de tiempo que confirma la hipótesis nula en las tres pruebas o en dos de las tres pruebas se considera homogénea y útil para el desarrollo de estudios posteriores.

Clase B; Dudoso. La serie de tiempo que sólo confirma la hipótesis nula sólo en una de las tres pruebas, exhibe un comportamiento preferentemente no homogéneo y debe inspeccionarse cuidadosamente antes de su posterior análisis.

Clase C; Sospechoso. La serie de tiempo que rechaza la hipótesis nula en las tres pruebas, exhibe un comportamiento no homogéneo y no se recomienda usarse en la forma analizada en estudios posteriores.

Las pruebas estadísticas se desarrollaron aplicando la herramienta computacional XLStat cuya versión de prueba puede ser descargada del sitio <http://www.xlstat.com/es/>.

Comportamiento de la series para la longitud máxima

### Determinación del periodo homogéneo de cada serie de tiempo

Finalmente se determinó el periodo de tiempo para el cuál el 100% de las series de cada módulo alcanzan la categoría A.

Esto se hizo recortando la longitud de la serie hasta alcanzar esta categoría, observándose que el periodo fuera el mismo para las tres variables climatológicas de la estación climatológica de cada módulo, los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 2.8.

**Tabla 20.1** Resultados de las pruebas de homogeneidad aplicadas a las series de tiempo de las estaciones climatológicas de los módulos de riego del DR 034

Módulos	Periodo	Total de años	T. máx.	T. min.	Precipitación
M-1 Leobardo Reynoso	1940-2010	70	A	A	C
	1947-2010	63	A	A	A
M-2 Santa Rosa	1942-2010	68	A	A	A
	1946-2010	64	C	C	B
M-3 Excamé	1970-2010	40	A	A	A
	1965-2010	45	C	C	C
M-4 Ing. Julián Adame	1983-2010	27	A	A	A
	1961-2010	49	C	C	C
M-5 El Chique	1988-2010	22	A	A	A
	1964-2010	46	A	A	A

A Útil; B Dudoso; C Sospechoso.

## 20.7 Conclusiones

El análisis de homogeneidad realizado a las series mensuales de temperatura máxima, temperatura mínima y precipitación pluvial medidas en las estaciones climatológicas de los seis módulos del distrito de riego 034, permitió determinar sus tendencias y comportamiento estadístico.

Del análisis se tiene que sólo las series de los módulos Santa Rosa y Cazadero son homogéneas en todo su periodo de medición, 1942-2010 para el primero y 1964-2010 para el segundo. Mientras que los datos climatológicos de las estaciones pertenecientes a los cuatro módulos restantes, presentan rupturas o cambios abruptos en alguna o todas sus series de datos, siendo los casos críticos los módulos Ing. Julián Adame y El Chique ya que ninguna de sus tres series es homogénea y no es conveniente usar el 100% de sus registros para proyecciones de clima.

El análisis de homogeneidad también permitió ubicar el periodo en el cual las series de tiempo de estos cuatro módulos presentan un comportamiento homogéneo: Leobardo Reynoso 1947-2010, Excamé 1970-2010, Ing. Julián Adame 1983-2010 y El Chique 1988-2010. Los resultados obtenidos son de gran utilidad para estudios que involucren las variables de clima evaluadas, como lo es el caso de estudios de cambio climático en la región del distrito de riego 034 Zacatecas.

## 20.8 Agradecimientos

El trabajo fue apoyado por el PRODEP-CONACyT a través del proyecto XYZXY.

## 20.9 Referencias

- Alexandersson, H. (1986). A homogeneity test applied to precipitation data. *Journal of Climate*, 6, 661–675.
- Alexandersson H. & Moberg A. (1997). Homogenization of Swedish temperature data. Part I: Homogeneity test for linear trends. *International Journal of Climatology*, 17, 25-34.
- Buishand T. A., (1982). Some methods for testing the homogeneity of rainfall records. *Journal of Hydrology*, 58, 11-27.
- Ducre-Rubitaillé, J.-F., Vincent, L. A. & Boulet, G. (2003). Comparison of techniques for detection of discontinuities in temperature series. *International Journal of Climatology*, 23, 1087–1101.
- Hanssen-Bauer, I. & Førland, E. (1994). Homogenizing long Norwegian precipitation series. *Journal of Climate*, 7, 1001–1013.
- Martínez M.D., Serra C., Burgueño, A. & Lana X. (2009). Time trends of daily maximum and minimum temperatures in Catalonia (NE Spain) for the period 1975–2004. *International Journal of Climatology*, 30(2), 267–290.
- Mihajlovic, D., (2006). Monitoring the 2003–2004 Meteorological Drought Over Pannonian Part of Croatia. *International Journal of Climatology*, 26, 2213–2225.
- Pettitt, A. N. (1979). A nonparametric approach to the change point detection. *Applied Statistics*, 28, 126–135.

## **La termografía digital como herramienta para tamizaje de cáncer de mama: Estudio preliminar DIF-Mazatlán, estado de Sinaloa**

Eber Orozco, Jorge Castro, Luis Mena, Mario Flores y Nildia Mejias

E. Orozco, J. Castro, L. Mena, M. Flores y N. Mejias  
Universidad Politécnica de Sinaloa, Carretera Municipal Libre Mazatlán Higuera Km. 3. Mazatlán, Sinaloa.  
eorozco@upsin.edu.mx

M. Ramos., V. Aguilera., (eds.). Ciencias Naturales y Exactas, Handbook -©ECORFAN- Valle de Santiago, Guanajuato, 2014.

## Abstract

Thermography is exceptional in detecting breast cancer within the first year of development. The breast cancer is a leading cause of death nowadays in women throughout the world. In developed countries, it is the most common type of cancer in women, and it is the second or third most common malignancy in developing countries. The cancer incidence is gradually increasing and remains a significant public health concern. Also is very important to indicate that the mammography has a lower sensitivity for breast cancer detection in younger women and those with dense breasts. The aim of this study is to evaluate the feasibility of using thermal imaging as a potential tool for detecting breast cancer. In this work, we have used 300 IR breast images collected from the mobile office of the DIF-Mazatlán, Sinaloa. The result shown that is possible detecting the lesions on breast with the infrared image technique.

## 21 Introducción

El cáncer constituye una de las enfermedades crónicas que más ha afectado a la humanidad desde tiempos remotos. De acuerdo a estimaciones de la Organización Mundial de la Salud (OMS 2011) durante el año 2008 se registraron aproximadamente 7.6 millones de muertes por cáncer, 13.1% de todas las muertes registradas a nivel mundial, constituyéndose en una de las principales causas de mortalidad se acuerdo con el reporte de Globocan, 2012. Los que más muertes causan cada año son los cánceres de pulmón, estómago, hígado, colon y mama según el INEGI, 2014. El cáncer de mama es el más frecuente y de mayor mortalidad entre las mujeres del mundo, las estadísticas hoy en día son alarmantes: una de cada ocho mujeres desarrollara un cáncer de mama y cada una de ellas debe escoger entre cistectomía, mastectomía, radiación o quimioterapia para decidir la mejor forma de responder a su situación. Esto unido a que no existe en el momento una cura contra el cáncer de mama, por ello es extremadamente importante lograr la detección temprana.

En el comparativo mundial, México se ubica en el lugar 101 de incidencia y 135 de mortalidad entre 172 países de acuerdo a los reportes de Globocan, 2012, pertenecientes a la Agencia Internacional de Investigación en Cáncer –IARC, para los cuales se cuenta con cifras confiables. Lo anterior significa que su incidencia es tres veces menor a la informada en países desarrollados. Sin embargo, si se considera la tendencia ascendente y el envejecimiento de la población mexicana, se puede proyectar que la carga de la enfermedad será similar a la observada hoy día en Norteamérica en 12 años. En México, con una población un poco mayor de 100 millones de habitantes, el cáncer de mama es hoy día uno de los desafíos más importantes para la salud de la mujer adulta y es el causante, en general, de un mayor número de muertes en México, comparado con el cáncer cérvicouterino, afectando a mujeres adultas de todas las edades y niveles de ingreso. La mayoría de los tumores malignos de la mama son diagnosticados en etapa avanzada según Lopez-Carrillo et al, 2001., y es la segunda causa de muerte entre las mujeres mexicanas adultas de 30 a 54 años de edad de acuerdo con Lozano R et al 2008.

Desde la perspectiva de la salud pública, la disminución de los factores de riesgo en la comunidad puede tener un impacto significativo sobre la morbilidad y la mortalidad por cáncer de mama.

Por lo regular, las medidas para reducir la mortalidad por cáncer de mama se basan en el tamizaje y el diagnóstico oportuno, mediante la autoexploración, la exploración clínica y la mamografía. La autoexploración mamaria es una técnica de detección del cáncer mamario basada en la observación y palpación que hace la mujer en sus propias mamas. En un alto porcentaje son estas quienes detectan los nódulos que indican una alteración mamaria.

Sin embargo, la autoexploración es referida por algunos críticos, entre ellos Brandon y Villaseñor, 2006., como una herramienta de poca utilidad ya que no detecta lesiones tempranas. En este sentido, el 90% de los casos de cáncer de mama en México son detectados por esta técnica, y en estos casos ya se trata de un estadio avanzado de la patología como indica Lopez-Carrillo et al, 2001.

Otra técnica también muy utilizada es la mamografía, la cual permite obtener una imagen plana de la glándula mamaria mediante un instrumento de rayos X; su finalidad es reconocer lesiones pequeñas (< 0.5 cm) para posibilitar un diagnóstico temprano. La evidencia científica sugiere que el diagnóstico temprano a través de programas poblacionales de mamografía puede reducir la mortalidad por cáncer de mama entre 15 y 35%, en mujeres de 50 a 70 años de edad como indican Tabar L et al, 2003. Sin embargo, los quistes y otras anomalías del seno no aparecen de repente. Antes de que sean descubiertos por los dedos o por una radiografía, se necesitan vasos sanguíneos adicionales para alimentar estas células precursoras.

Por lo tanto, el auto examen y la mamografía no pueden detectar este proceso celular temprano que usualmente ocurre en el tejido mamario de cinco a diez años antes que inicie el crecimiento del quiste. Este proceso llamado angiogenesis (la proliferación de vasos sanguíneos) produce más calor en el área afectada. Afortunadamente una cámara termográfica (que mide la temperatura) puede detectar diferencias de calor o temperatura. Una imagen térmica muestra las áreas de mayor temperatura contra las áreas de menor calor (tejido normal) logrando de esta manera la detección temprana del cáncer de mama.

La termografía mamaria es un método diagnóstico no invasivo para la detección precoz de anomalías en los senos. Una cámara infrarroja detecta patrones inusuales de calor en el tejido mamario. Cualquier patrón de calor detectado en los senos se compara bilateralmente (con el otro seno) ya que el cáncer no crece en un patrón simétrico.

La mayoría de cánceres se detectan cuando el diámetro es de 1cm y ya ha pasado mucho tiempo. La termografía puede detectar el flujo sanguíneo que alimenta al tumor desde su etapa inicial. Una termografía anormal claramente demuestra zonas de calor anormal. Lo que permite al especialista de la medicina una alerta de que algo puede estar mal con la fisiología del seno. Puede ser una infección, una enfermedad inflamatoria, un trauma o un cáncer.

Es importante resaltar que la termografía no utiliza una compresión dolorosa de los senos, no usa radiación y es no-invasiva. Está aprobada por la FDA desde 1982, es una herramienta ideal para el diagnóstico no solo de mujeres mayores de 40 años, sino también para mujeres jóvenes, con implantes de seno o enfermedad fibroquística. Es una excelente herramienta de seguimiento y detección de factores de riesgo muy útil para el seguimiento de las mujeres con terapia de reemplazo hormonal. La termografía mamaria se ha investigado por más de 30 años, teniendo una sensibilidad y efectividad en promedio del 90% como menciona Aurora et al, 2008.

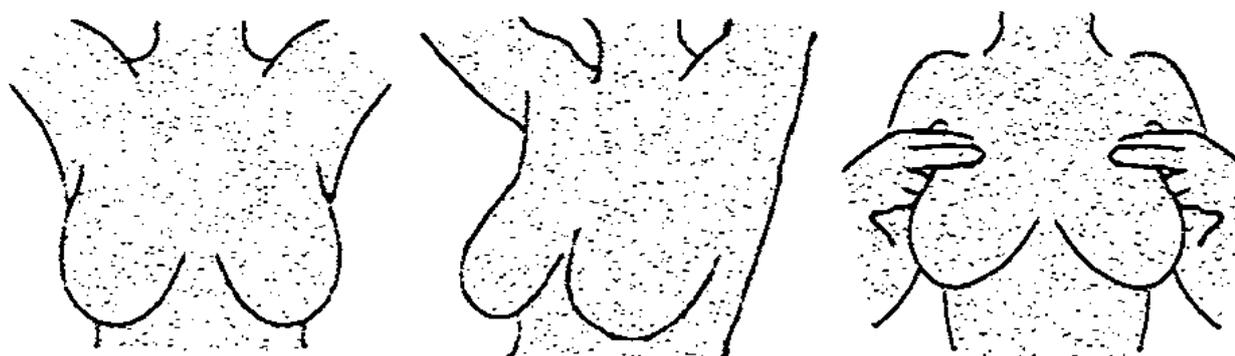
En este trabajo se presenta una metodología de captura, pre-procesado y procesado digital de imágenes en la región espectral del infrarrojo para aportar soluciones que permitan evaluar lesiones en mama y de esta forma detectar en las etapas iniciales posibles lesiones cancerosas. Se ha realizado un estudio preliminar en conjunto con el DIF-Mazatlán para evaluar la metodología propuesta y posible implementación como herramienta de tamizaje.

## **21.1 Materiales y métodos**

La metodología empleada para capturar las imágenes consta de las siguientes etapas:

1. Acondicionar un área de trabajo de acuerdo a las condiciones necesarias para obtener una buena imagen la región espectral visible e Infrarrojo, es decir, se deben monitorear variables como la temperatura ambiental(20°C) y la humedad (<50%)
2. La implementación de la técnica de termografía para estudiar lesiones en mama requiere establecer las posiciones en las cuales se debe colocar la paciente para capturar las imágenes, así como definir la distancia a la cual serán capturadas(120 cm), de forma tal, que el campo de visión de la cámara permita hacer la toma completa y además garantizar que las imágenes estén siempre enfocadas, se han establecido 7 posiciones para tal fin. En la Figura 1 se indican tres posiciones distintas para capturar la imagen térmica.

**Figura 21** Esquema con tres posiciones para capturar la imagen termográfica



3. La captura de las imágenes fue realizada bajo estricta supervisión médica, cumpliendo con lo establecido en los manuales de bioética hospitalaria, además es importante resaltar que la toma de imágenes tanto en la región del infrarrojo como en el visible, en ningún momento representan riesgo alguno para el paciente y como se indica en los antecedentes han sido aprobadas por la FDA.

El estudio fue realizado en una muestra de 120 mujeres que acudieron a la campaña “La Ruta de Ginecología” promovida por el DIF-Mazatlán en distintas zonas del municipio y las imágenes fueron capturadas por estudiantes de la Licenciatura en Terapia Física de la Universidad Politécnica de Sinaloa, previamente capacitadas en el manejo y uso de la Cámara termográfica.

Para la captura de las imágenes termográficas de mama se ha definido el siguiente procedimiento:

Previamente se informa al voluntario de las condiciones necesarias que debe cumplir para capturar las imágenes termográficas, las cuales son: Evitar el uso de Brasier muy ajustado el día de la evaluación clínica, evitar el uso de desodorantes, no usar cosméticos en el área corporal a estudiar, no fumar y no ingerir bebidas alcohólicas el día previo a la evaluación. El voluntario debe responder un cuestionario (Rutina en el caso de estudio de cáncer de mama) para evaluar a priori el nivel de riesgo.

Se informa al voluntario sobre el estudio que se va a realizar y se indica que firme su consentimiento siguiendo y cumpliendo los protocolos médicos y de ética para tal fin.

Se Ingresa la persona al área de trabajo y se le indica que se quite la vestimenta superior para equilibrar la temperatura corporal durante 10 minutos.

Se indican las posiciones que debe tomar para realizar la captura de las imágenes.

Se pide a la persona ubicarse en un lugar marcado para obtener imágenes enfocadas. Se procede a la captura de las imágenes en dos series consecutivas.

La cámara termográfica empleada es el modelo ETIP-7320 de la marca Infrared Cameras Inc. y cuenta con las siguientes características:

Respuesta espectral en el rango infrarrojo desde 700 hasta 1400 nanómetros.

Resolución en temperatura de  $0.027^{\circ}\text{C}$

Resolución espacial (a 1m de distancia) de 1.1mm

Campo de Visión  $18^{\circ}\text{C}$

Lente IR 25mm

Actualización de video a una frecuencia de 60Hz

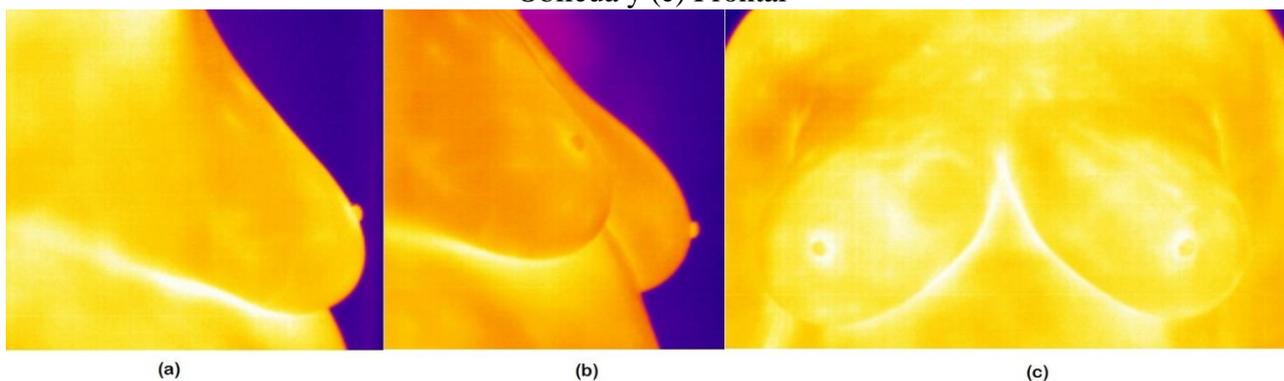
Software IR Flash Profesional (Licencia Incluida)

La cámara cuenta con aprobación FDA Medical Device Clearance (510k)

## 21.2 Resultados y discusión

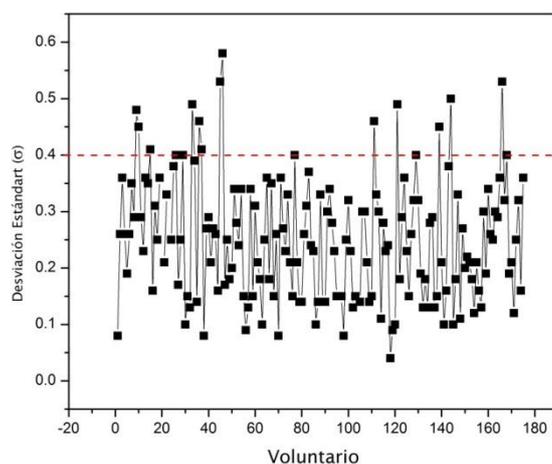
A continuación se presentan imágenes termográficas de voluntarias capturadas siguiendo el procedimiento descrito anteriormente.

**Figura 20** Imágenes termográficas de una voluntaria en tres posiciones distintas. (a) Lateral, (b) Oblicua y (c) Frontal



En la figura 3 se puede apreciar una gráfico de la desviación estándar de la temperatura en la mama para 180 personas.

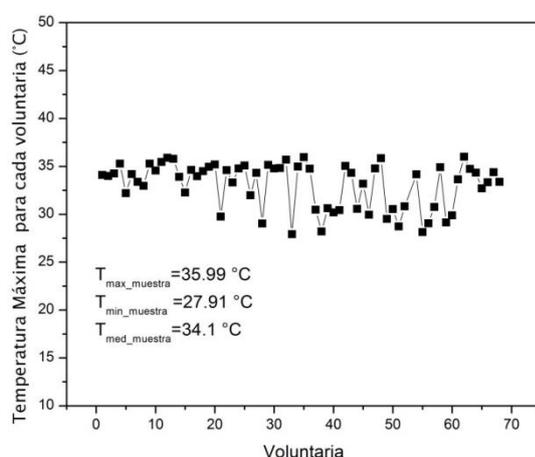
**Figura 20.1** Desviación estándar correspondiente a la variación de la temperatura en la mama



Es importante resaltar que la variación de temperatura en la mamá es el parámetro que permite estimar la existencia de una lesión, si la variación es superior a 1°C es un indicio de una posible lesión en la mama. El objeto de emplear la termografía infrarroja como técnica de tamizaje para la realización de la mastografía. Los centros de atención de salud pública así como organizaciones no gubernamentales que trabajan en la detección de cáncer de mama aplican la mastografía a todas las mujeres mayores de 40 años. Sin embargo, vale la pena mencionar que menos del 15% de las mujeres a las que se aplica la mastografía era necesaria, por ello la importancia de este estudio, de formalizarse solamente se aplicaría mastografía a mujeres que presenten un patrón térmico anormal. De igual forma se podría aplicar la técnica en mujeres menos de 40 años, que es un grupo importante donde se está presentando cáncer de mama.

En la figura 4, se puede apreciar el valor de la temperatura máxima registrada para un grupo de voluntarias que acudieron a realizarse una mastografía en la Campaña Ruta Ginecológica del DIF-Mazatlán, se puede apreciar que estos valores están en un rango comprendido entre 27.91 °C y 35.99 °C esto debido a la textura y fisiología de cada persona.

**Figura 20.2** Temperatura máxima registrada para un grupo de voluntarias..



### 21.3 Conclusiones

La termografía es técnica no invasiva de bajo costo que puede ser empleada para hacer un tamizaje unicial en la búsqueda de cáncer de mama en mujeres mayores de 40 años y de igual forma puede ser empleada en mujeres con edades comprendidas entre los 18 y 40 años. En el estudio realizado en conjunto con el DIF-Mazatlán se ha evidenciado que un porcentaje superior al 75% de las mamografías realizadas no eran necesarias, pues se contrastó la técnica de la termografía con la mamografía obteniendo resultados aceptables y confiables. El trabajo aún está en desarrollo y se está trabajando en un estudio detallado con el objeto de implementar la técnica de la termografía infrarroja en zonas rurales donde es imposible acceder con el equipo de mastografía.

### 21.4 Agradecimientos

El trabajo fue apoyado por el PRODEP (Antes Promep) a través del proyecto UPSIN-PTC-015.

### 21.5 Referencias

Globocan (2012), International Agency for Research on Cancer, [Consultado 20 de Enero de 2012] Disponible en: <http://globocan.iarc.fr/>.

INEGI (31 Enero, 2014), Estadísticas a propósito del día mundial contra el cáncer datos nacionales, Instituto nacional de estadística y geografía (INEGI), [Consultado 13 de Febrero de 2014] <http://www.inegi.org.mx/inegi/contenidos/espanol/prensa/Contenidos/estadisticas/2014/cancer0.pdf>.

López-Carrillo L, Torres-Sánchez L, López- Cervantes M & Rueda-Neria C (2001), Identificación de lesiones mamarias malignas en México. *Salud Pub Mex*, 43:199-202

Lozano R, Knaul FM, Gómez-Dantés H, Arreola-Ornelas H & Méndez O (2008). Tendencias en la mortalidad por cáncer de mama en México, 1979-2006. *Observatorio de la Salud*. Documento de trabajo. Competitividad y Salud, Fundación Mexicana para la Salud

Brandon y Villaseñor (2006), Detección del Cáncer de Mama: Estado de la Mamografía en México, *Cancerología* 1, 147- 162.

Tabar L, Yen MF, Vitak B, Chen HHT, Smith RA & Duffy SW (2003) . Mamography service screening and mortality in breast cancer patients: 20- year follow-up before and after introduction and screening. *Lancet*, 361:1405-1410.

Aurora N, & Cols (2008 ) Effectiveness of a noninvasive digital infrared thermal imaging system in the detection of breast cancer. *Am J Surg* , 196.(4): 523-26.

## **Obtención de aislados bacterianos de la rizósfera de *Typha latifolia* (Espadaña) crecida en sitios contaminados con Plomo**

Alejandro Hernández, Jocabed Rubio, Candy Carranza, Claudia Álvarez y Juan Pacheco

A. Hernández, J. Rubio, C. Carranza, C. Álvarez y J. Pacheco  
Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Facultad de Ingeniería, Dr. Manuel Nava 8, Zona Universitaria, CP 78290,  
San Luis Potosí, S.L.P., México.  
Facultad de Química, Universidad Autónoma de Querétaro. Cerro de las Campanas S/N, CU, Col. Las Campanas, CP  
76010. Querétaro, Querétaro. México.  
alejandro.hernandez@uaslp.mx

M. Ramos., V.Aguilera., (eds.).Ciencias Naturales y Exactas, Handbook -©ECORFAN- Valle de Santiago, Guanajuato,  
2014.

## Abstract

*Typha latifolia* is a plant used in phytoremediation due to its ability to remove heavy metals from impacted sites, and accumulating them primarily in the roots. Plant roots are involved in the absorption of water and nutrients, and in the interaction with rhizosphere microorganisms, such as plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR). PGPR promotes plant growth in stress conditions caused by heavy metals, drought, salinity and other adverse conditions in the soil. Regarding *T. latifolia* interactions with rhizosphere microorganisms is still poorly understood. So in this study the bacterial isolation from *T. latifolia* rhizosphere was conducted. Isolation of bacteria was performed in Luria Bertani media supplemented with 5 ppm of lead (Pb), resulting in 100 isolates; of which 58 correspond to rhizosphere and 42 endophytic isolates. Biochemical characterization shows that some isolates can solubilize phosphates, degrading pectin and growth at 250 ppm of lead.

## 22 Introducción

Las actividades llevadas a cabo por el hombre, para satisfacer sus necesidades básicas de alimentación, vestido y vivienda, han originado el aumento de la concentración de elementos tóxicos en el medio ambiente, contaminando los mantos acuíferos y el suelo; siendo amenazas para la salud del hombre y para la biodiversidad de los ecosistemas (Cañizares 2000). Los contaminantes que se consideran prioritarios debido a su alta toxicidad y persistencia en el ambiente son los metales pesados, los cuales no pueden ser degradados química o biológicamente. Por lo tanto, para evitar los efectos adversos que los metales pesados pueden ocasionar a los ecosistemas y la salud, se han desarrollado diversos métodos físico-químicos, entre los que destacan el lavado del suelo, los tratamientos electrocinéticos, la reducción y oxidación química, excavación, ozonización, ósmosis, incineración, recuperación de metales por evaporación, precipitación y filtración (Cañizares 2000, Tejada 2010). Sin embargo, estos métodos pueden resultar ineficientes y costosos, por lo que es necesario desarrollar métodos alternativos y eficaces para la remoción de metales pesados y disminuir los riesgos potenciales para la salud del hombre (Cañizares 2000).

Una medida práctica es el uso de nuevas tecnologías, de bajo costo como la fitorremediación, que consiste en el uso de plantas para eliminar o estabilizar contaminantes dañinos en el medio ambiente. Esta tecnología es una alternativa atractiva debido a que es llevada a cabo in situ, minimizando los costos y la exposición humana a los contaminantes (Leura-Vicencio et al. 2013). Para ello, es importante el empleo de plantas que posean elevadas velocidades de crecimiento, alta producción de biomasa, tolerancia a condiciones adversas como pH, salinidad, composición y contenido de agua (Zhuang et al. 2007). Entre las plantas que cumplen con estas características se encuentra *Typha latifolia*, una macrofito emergente, perenne; perteneciente a la familia Thyphacea, capaz de crecer en arroyos, lagos y lagunas; así como en sitios con cantidades limitadas de agua y en sitios inundados; e incluso puede crecer en presencia de concentraciones elevadas de sales. Por otra parte, se ha demostrado que *T. latifolia* es capaz de crecer en sitios impactados con metales pesados como el Tanque Tenorio, un lago artificial donde se determinaron Pb, Cd, Cr y Fe; en agua y sedimento, a concentraciones superiores a las permitidas por la Norma Oficial Mexicana NOM-CCA-032-ECOL/1993 (Montante-Montelongo, 1998).

Además se demostró que las plantas de *T. latifolia* crecidas en el Tanque Tenorio son capaces de fitoextraer y acumular altas concentraciones de metales pesados Mn, Fe, Cr, Pb y Cd, en raíces, tallos y hojas, siendo una planta hiperacumuladora de metales (Alonso-Castro et al. 2009, Leura-Vicencio et al. 2013). Los análisis de acumulación indican que *T. latifolia* acumula la mayor cantidad de metales en las raíces en comparación con los niveles detectados en tallos y hojas, sugiriendo que las células del tejido radicular pueden tolerar altas concentraciones de metales (Carranza-Álvarez et al. 2008, Alonso-Castro y col. 2009, Leura-Vicencio y col. 2013).

De igual manera, Leura-Vicencio et al. (2013) demostraron que plantas de *T. latifolia* expuestas a soluciones individuales de Pb y Cd; y mezclas de ambos metales, son capaces de fitoextraer y acumular ambos metales en raíces, tallos y hojas, donde la mayor acumulación de metales ocurre en las raíces de la planta (Leura-Vicencio et al. 2013).

Muchas de las plantas hiperacumuladoras de metales pueden llegar a ser lentas en su crecimiento, debido al estrés oxidativo causado por la presencia de altas concentraciones de metales pesados (Zhuang et al. 2007). Sin embargo, una vez adaptadas al ambiente extremo llevan a cabo su desarrollo normal, así como la fitoacumulación y distribución de metales en los diferentes tejidos. Para la adaptación de las plantas al ambiente extremo y para contrarrestar los efectos tóxicos de los metales pesados, se ha demostrado que las plantas establecen interacciones simbióticas con microorganismos presentes en la rizósfera, en la cual pueden encontrarse bacterias promotoras de crecimiento vegetal (BPCV). Las BPCV se nutren a partir de exudados de la raíz de la planta y llevan a cabo actividades bioquímicas que les permiten solubilizar fosfatos, producir sideróforos y hormonas; transformar sustancias orgánicas e inorgánicas en sustancias inocuas o insolubles; así como modificar las condiciones adversas de la rizósfera (Bashan, 1998). Estas actividades, de manera directa o indirecta, favorecen el crecimiento de las plantas en condiciones de estrés ocasionado por metales pesados, hidrocarburos, sales y sequías; contribuyendo a la adaptación de las plantas a las condiciones presentes en su entorno (Yang-feng et al. 2011, Sarabia-Ochoa et al. 2010).

Se ha demostrado que las bacterias *Azotobacter chroococcum* HKN-5, *Bacillus megaterium* HKP-1 y *B. mucilaginosus* HKK-1 protegen plantas de *Brassica juncea* contra los daños causados por Pb y Zn, mientras que *B. subtilis* SJ-101 facilita la acumulación de Ni, siendo los microorganismos un factor importante para contrarrestar la fitotoxicidad y estimular el crecimiento de la planta. Así mismo cepas de *Kluyvera ascorbata* SUD165 y SUD165/26 estimulan el crecimiento de plantas de Mostaza india, tomate y canola, protegiendo contra los efectos tóxicos causados por el Ni, Pb y Zn. Por otro lado, a nivel molecular se ha demostrado que la bacteria *Mesorhizobium huakuii* favorece la expresión del gen *pcs* de *Astragalus sinicus*, el cual incrementa la capacidad de la planta para captar Cd. Así mismo, bacterias como *Brevundimonas* sp KR013, *Pseudomonas fluorescens* CR3, *Pseudomonas* sp KR017 y *Rhizobium leguminosarum* bv. *trifolii* NZP561 producen moléculas que son capaces de secuestrar el Cd a partir de una solución del metal. Todas estas características promueven el crecimiento de las plantas y disminuyen los efectos tóxicos de los metales pesados (Sarabia-Ochoa et al. 2010).

En lo que respecta a *T. latifolia*, hasta el momento se desconocen las interacciones que establece con los microorganismos a nivel de rizósfera.

Por lo que es importante estudiar las interacciones que esta planta establece con microorganismos y su posible contribución a la tolerancia de metales pesados. En este trabajo se aislaron bacterias de la rizósfera de *T. latifolia*, capaces de tolerar Pb por ser uno de los principales metales que la planta acumula en sus raíces (Alonso-Castro et al. 2009; Leura-Vicencio et al. 2013). Esto nos ha permitido conocer parte de la diversidad bacteriana de los sitios contaminados con metales, así como bacterias asociadas a la raíz de *T. latifolia*, las cuales posiblemente ejercen efecto protector hacia la planta para llevar a cabo la fitoextracción.

## 22.1 Método

a) Recolección del material vegetal: El muestreo se realizó en las inmediaciones de la mina ubicada en Camino a la Presa, San Luis Potosí, donde previamente se ha demostrado que existe contaminación con Pb. Se colectaron plantas de *T. latifolia* que incluían las raíces y el suelo adherido, se guardaron en bolsas de plástico y se almacenaron a 4 °C hasta su procesamiento.

b) Obtención de aislados de la rizósfera: Las plantas colectadas fueron seccionadas en parte aérea y zona radicular, a partir de la cual se obtuvo la muestra de suelo (rizósfera) y el suelo adherido a las raíces. 10 gramos de suelo de la rizósfera fueron disueltos en 90 ml de agua destilada estéril y posteriormente se realizaron diluciones seriadas en solución salina estéril. 10  $\mu$ l de cada dilución se sembraron en agar Luria Bertani (LB) adicionado con 5 ppm de Pb en forma de  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ . Las placas fueron incubadas a 28 °C durante 72 h. Las colonias obtenidas se resembraron en medios con Pb para garantizar su capacidad de crecimiento y/o tolerancia a los metales.

c) Obtención de aislados bacterianos endófitos de las raíces: Las raíces de *T. latifolia* se lavaron con agua corriente para eliminar el sedimento adherido, posteriormente se desinfectaron mediante lavados sucesivos con cloro comercial y etanol durante tiempo variable. Posterior a la desinfección, las raíces fueron lavadas con agua destilada estéril, una alícuota del último lavado se sembró en agar LB para garantizar el proceso de desinfección. Para el aislamiento de endófitos bacterianos, 1 gr de las raíces desinfectadas se homogenizaron con 10 ml de agua destilada estéril, a partir del cual se realizaron diluciones seriadas y se sembraron en agar LB (Luria Bertani) suplementado con 5 ppm de Pb en forma de  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  y se incubaron a 28°C durante 72 h. Las colonias obtenidas se resembraron en medios con Pb para garantizar su capacidad de crecimiento y/o tolerancia a los metales.

d) Asimilación de pectina: Los aislados bacterianos obtenidos se crecieron en medio mínimo de sales el cual contenía por litro 10 g pectina; 5 g  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ ; 5 g  $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ; 0.25 g  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ; 0.2 g KCl; 0.1 g  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  y 20 g de agar bacteriológico.

e) Identificación de aislados con capacidad para solubilizar fosfatos: Los aislados con capacidad de crecer en LB 5 ppm Pb, se sembraron en medio NBRIP (National Botanical Research Institute's Phosphate), el cual contiene por litro: 10 g glucosa; 5 g  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ ; 5 g  $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ; 0.25 g  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ; 0.2 g KCl; 0.1 g  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ; 0.01 g de azul de bromotimol y 20 g de agar bacteriológico. Las colonias positivas se observaron con halos amarillos, como indicativo de la solubilización de fosfatos.

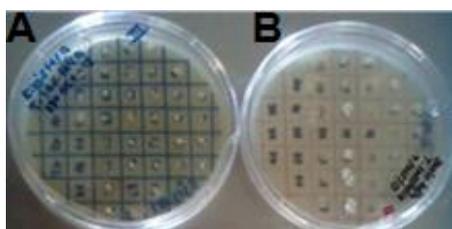
f) Cuantificación de la capacidad solubilizadora de fosfatos de los aislados bacterianos: Se elaboró una curva de calibración utilizando  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  como estándar, el cual se hizo reaccionar con ácido 1-amino-2 naftol-4 sulfónico al 0.25% y solución molíbdica al 2.5% en  $\text{H}_2\text{SO}_4$  5 N hasta la aparición de un coloración azul. Se realizó la lectura de las absorbancias a 880 nm utilizando un espectrofotómetro AquaMatePlus (Thermo Scientific). Los datos obtenidos fueron analizados, posteriormente se graficó la curva de calibración para determinar el valor de  $R^2$  y la ecuación de la recta. Para cuantificar la capacidad de solubilización, los aislados bacterianos fueron cultivados en medio líquido NBRIP a 28 °C, 200 rpm durante 120 horas. Transcurrido este período, 100  $\mu$ l del medio de cultivo donde crecieron los aislados bacterianos se hicieron reaccionar en las mismas condiciones para la elaboración de la curva de calibración. Los datos de las absorbancias obtenidas de la mezcla de reacción del medio de cultivo de cada aislado bacteriano, se sustituyeron en la ecuación de la recta par obtener los datos de solubilización llevada a cabo por cada aislado.

g) Determinación de la Concentración Mínima Inhibitoria de Pb: Los aislados bacterianos fueron cultivados en microplacas de 96 pozos (Cos et al. 1999). Se realizaron diluciones 1:2 en caldo LB partiendo de una solución stock con 500 ppm de Pb. Los pozos con las diferentes concentraciones se inocularon con cada uno de los aislados y se incubaron en agitación durante 72 h. La Concentración Mínima Inhibitoria (CMI) se estableció como la concentración de Pb donde no se observó crecimiento de los aislados bacterianos.

## 22.2 Resultados y Discusión

Aislamiento a partir de la rizósfera. Para conocer parte de la diversidad de microorganismos asociados a la raíz de *T. latifolia*, que le confieren la capacidad de tolerar la presencia de plomo, se aislaron bacterias presentes en la rizósfera en medio LB con 5 ppm de Pb, obteniendo aproximadamente  $1 \times 10^7$  UFC/gr de suelo. Para verificar la tolerancia a Pb, las bacterias fueron resembradas tres veces en Lb 5 ppm Pb (Figura 1). Posterior a las resiembras se obtuvieron 44 aislados de la rizósfera y 14 del suelo adherido, capaces de crecer en medio con Pb. Estos resultados demuestran que en la rizósfera de *T. latifolia* se encuentran bacterias tolerantes a Pb, las cuales podrían estar involucradas en la tolerancia de la planta a los metales pesados.

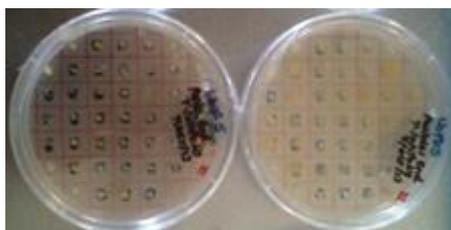
**Figura 22** Aislados bacterianos capaces de crecer en medio Lb 5 ppm Pb A) Aislados de la rizósfera, B) Aislados del suelo adherido a las raíces



### Aislamiento de endófitos de la raíz

En lo que respecta al aislamiento de endófitos de la raíz de *T. latifolia*, primeramente se evaluaron varios tratamientos con antisépticos para la desinfección de las raíces, resultando más eficiente el tratamiento con etanol al 70% durante 5 minutos y Cloralex® al 2% por 10 min, seguido de tres lavados con agua destilada estéril. Después del proceso de desinfección, se realizó la cuantificación de la carga microbiana de las raíces, encontrándose  $3.6 \times 10^6$  UFC/gr de raíz que son capaces de crecer en medio LB suplementado con 5 ppm de Pb. Los aislados obtenidos se resembraron en las mismas condiciones para comprobar su tolerancia al Pb, obteniéndose 42 aislados endófitos (Figura 2).

**Figura 22.1** Aislados endófitos capaces de crecer en medio Lb 5 ppm Pb



### Identificación de aislados con capacidad de utilizar pectina

Los aislados bacterianos endófitos, se inocularon en medio mínimo de sales NBRIP con pectina como única fuente de carbono y como control de crecimiento bacteriano se utilizó el medio NBRIP con glucosa como fuente de carbono. La pectina es una sustancia presente en la pared celular de las células vegetales. Se compone de un complejo de polímeros ramificados del tipo de los carbohidratos. La pectina no solo está presente en la pared celular primaria, sino también en la lámina media entre las células de la planta, donde ayuda a las células a mantenerse juntas.

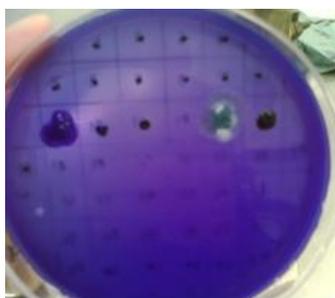
Los resultados muestran que los 42 aislados son capaces de crecer en medio suplementado con glucosa, mientras que sólo 37 de los aislados son capaces de crecer en el medio suplementado con pectina, indicando que las bacterias son capaces de utilizar pectina como única fuente de carbono. Estos datos sugieren que el 88 % (37/42) de los aislados endófitos producen enzimas tipo pectinasa para la degradación de la pectina. Los microorganismos endófitos, bacterias u hongos, tienen la capacidad de invadir los tejidos de plantas sin causar infección o síntomas de enfermedad. En este sentido deben poseer las enzimas necesarias para penetrar y atravesar la pared celular, formada por celulosa y pectina; y además deben tener las enzimas para utilizar los nutrientes presentes en la raíz (Pérez y Chamorro 2012).

#### Identificación de aislados con capacidad de solubilizar fosfatos

Los microorganismos están involucrados en procesos que afectan la transformación del fósforo (P) del suelo y son componentes integrales del ciclo del P. Los microorganismos participan en la solubilización del fosfato inorgánico y en la mineralización del fosfato orgánico, así como en su inmovilización (Paredes-Mendoza y Espinoza-Victoria 2010).

Para determinar la capacidad de los aislados endófitos de las raíces para solubilizar fosfatos, se crecieron en medio NBRIP, el cual contiene fosfato tricálcico  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$  como fuente insoluble de fósforo y azul de bromofenol como indicador. Los resultados obtenidos muestran que 57% (24/42) de los aislados endófitos son capaces de virar el color del indicador del medio de cultivo NBRIP, formando un halo amarillo alrededor de la colonia, lo cual indica que las bacterias disminuyen el pH. De esta manera la acidificación del medio de cultivo favorece la solubilización del  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ , haciendo disponible el fosfato para las bacterias (Figura 3).

**Figura 22.2** Aislados endófitos cultivados en medio NBRIP. El halo claro alrededor de la colonia indica que son bacterias con capacidad solubilizadora de fosfatos



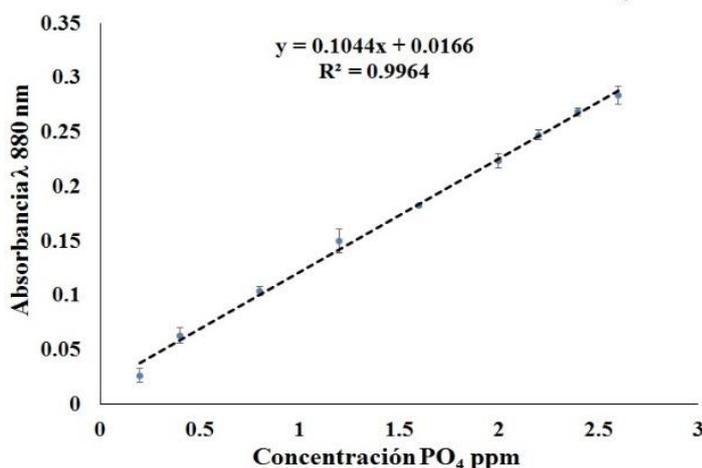
En general, se acepta que el mecanismo más común de solubilización del fosfato mineral es la acción de ácidos orgánicos sintetizados por los microorganismos (Paredes-Mendoza y Espinoza-Victoria 2010). La producción de ácidos orgánicos de bajo peso molecular es uno de los mecanismos utilizados por las bacterias para la solubilización del fosfato del suelo, contribuyendo a la biodisponibilidad del fósforo para la nutrición de las plantas.

Existen evidencias que demuestran la capacidad solubilizadora de fosfatos de los ácidos: oxálico, cítrico, butírico, malónico, láctico, succínico, málico, glucónico, acético, glicónico, fumárico, adípico, indolacético y 2-cetoglucónico; los cuales son producidos por diferentes bacterias. Además se ha sugerido que éstos compuestos participan en el suelo en fenómenos como la quimiotaxis microbiana y la detoxificación de metales. Entre los géneros bacterianos con capacidad para producir ácidos orgánicos que solubilizan fosfato se encuentran: *Pseudomonas*, *Rhizobium*, *Burkholderia*, *Achromobacter*, *Agrobacterium*, *Aereobacter*, *Flavobacterium*, *Yarrowia*, *Streptosporangium* y *Erwinia*<sup>5</sup>.

## Cuantificación de la capacidad solubilizadora de fosfato

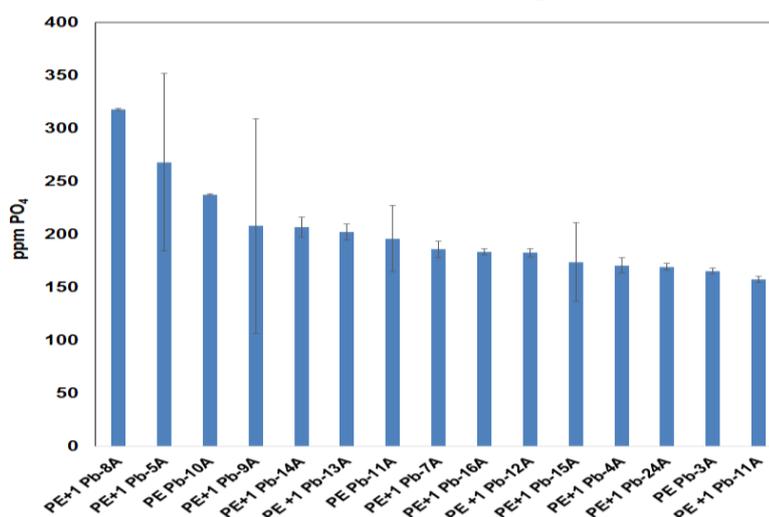
Para determinar los niveles de solubilización de fosfatos, se realizó una curva de calibración de 0 a 2.5 ppm de  $\text{PO}_4$  mediante el método espectrofotométrico de fosfomolibdato. Los datos obtenidos se graficaron obteniendo un valor de  $R^2 = 0.9964$ , mientras que la ecuación de la recta  $y = 0.1044x + 0.0166$  (Figura 4).

**Grafico 22** Curva de calibración de  $\text{PO}_4$  mediante el método de fosfomolibdato



Posteriormente se evaluó la capacidad de solubilización de 15 aislados bacterianos que mostraron mayor diámetro del halo en los análisis cualitativos. Los resultados de los análisis cuantitativos de la solubilización de fosfato indican que los aislados de *T. latifolia* solubilizan fosfatos en un rango de 157 a 317 ppm, a partir  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$  (Tabla 1) (Figura 5). Dicha capacidad es comparable a la obtenida por otras bacterias rizosféricas aisladas de maíz por Alam et al. (2002) y de arroz (*Oryza sativa* L.) por Thakuria et al. (2004).

**Grafico 22.1** Aislados bacterianos con capacidad de solubilizar  $\text{PO}_4$



## Determinación de la Concentración Mínima Inhibitoria de Pb

Las bacterias son los organismos más abundantes en la naturaleza, las cuales al estar en contacto con contaminantes tales como los metales pesados, desarrollan mecanismos para contrarrestar los efectos tóxicos. Para determinar la Concentración Mínima Inhibitoria (CMI) de Pb, los aislados bacterianos obtenidos de *T. latifolia*, fueron crecidos en medio medio LB adicionado con 250, 125, 62.5, 31.25, 15.6 y 7.8 ppm de Pb.

Los resultados muestran que el aislado PE+1 Pb-13A es el más sensible a Pb, mientras que los aislados más resistentes PE+1 Pb-8A, PE+1 Pb-5A, PE Pb-10A, PE+1 Pb-9A, PE+1 Pb-14A y PE+1 Pb-16A, los cuales son capaces de crecer a 250 ppm de Pb, sugiriendo que la CMI es superior a esta concentración (Tabla 1). Por lo cual es necesario evaluar concentraciones más elevadas de Pb, ya que en algunos casos se han aislado bacterias con CMI de 800 ppm de Pb (Nath et al. 2012).

Las interacciones entre las bacterias y los metales son conocidas y pueden ocurrir a nivel extracelular, en la superficie bacteriana ó intracelularmente. A nivel extracelular, se ha determinado el papel de los microorganismos en la movilización e inmovilización de metales, así como la secreción de compuestos orgánicos de bajo peso molecular con alta afinidad por estos elementos (sideróforos). Las interacciones con la superficie celular dependen del tipo de bacteria, ya que el metal interactúa con los grupos específicos cargados negativamente en cada uno de ellos. A nivel intracelular, como consecuencia de la acumulación del metal ocurren transformaciones ó la síntesis de proteínas específicas conocidas como metalotioninas. Así mismo se ha sugerido que las bacterias tienen la capacidad para utilizar algunos metales como fuente de energía o aceptores finales de electrones en el metabolismo (Suárez y Reyes 2002).

**Tabla 22** Aislados bacterianos de *T. latifolia*, con capacidad de solubilizar fosfatos

Clave aislado bacteriano	Solubilización ppm PO <sub>4</sub>	CMI ppm Pb
PE+1 Pb-8A	317	>250
PE+1 Pb-5A	268	>250
PE Pb-10A	237	>250
PE+1 Pb-9A	207	>250
PE+1 Pb-14A	207	>250
PE +1 Pb-13A	202	125
PE Pb-11A	195	250
PE+1 Pb-7A	185	250
PE+1 Pb-16A	183	>250
PE +1 Pb-12A	182	250
PE+1 Pb-15A	173	250
PE+1 Pb-4A	170	250
PE+1 Pb-24A	169	250
PE Pb-3A	165	250
PE +1 Pb-11A	157	250

### 22.3 Conclusiones

En la rizósfera de *T. latifolia* se encuentran bacterias tolerantes a Pb, las cuales son capaces de crecer en medio con 250 ppm de Pb, así como utilizar pectina como fuente de carbono y solubilizar fosfatos. Dichas actividades microbianas podrían contribuir a la adaptación de la planta a los sitios impactados por metales.

### 22.4 Agradecimientos

Al CONACYT Proyecto 000205822 INFR-2013-01; Fondo de Apoyo a la Investigación C14-FAI-04-04.04 de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí por los apoyos otorgados para realizar esta investigación.

### 22.5 Referencias

Alam S, S Khalil, N Ayub, M Rashid (2002). *In vitro* solubilization of inorganic phosphate by phosphate solubilizing microorganisms (PSM) from maize rhizosphere. *Int J Agric Biol* 4:454-458.

Alonso-Castro AJ, Carranza-Álvarez C, Alfaro-de la Torre MC, Chávez-Guerrero L, García-De la Cruz RF (2009). Removal and accumulation of cadmium and lead by *Typha latifolia* exposed to single and mixed metal solutions. *Arch Environ Contam Toxicol* 57: 688-696.

Bashan Y (1998). Inculants of plant growth-promoting bacteria for use in agriculture. *Biotechnol Adv* 16:729-770.

Cañizares, RO (2000). Biosorción de metales pesados mediante el uso de biomasa. *Revista Lationamericana de Microbiología* 42, 131-143.

Carranza-Álvarez C, Alonso-Castro AJ, Alfaro-De La Torre MC, García-De La Cruz RF (2008). Accumulation and distribution of heavy metals in *Scirpus americanus* and *Typha latifolia* from an artificial lagoon in San Luis Potosí, México. *Water Air Soil Pollut* 188: 297-309.

Cos P, Vlietinck AJ, Vanden BD, Maes L (2006). Anti-infective potential of natural products: How to develop a stroger in vitro proof-of-concept. *J Ethnopharmacol* 106:290-302.

Leura-Vicencio A, Alonso-Castro AJ, Carranza-Álvarez C, Loredó-Portales R, Alfaro de la Torre MC (2013). Removal and accumulation of As, Cd and Cr by *Typha latifolia*. *Bull Environ Contam Toxicol* 90(6): 650-653.

Montante-Montelongo AD (1998). Estudio geoquímico de metales traza en una laguna artificial de aguas residuales. Tesis de Maestría UASLP.

Nath S, Deb B, Sharma I (2012). Isolation and characterization of cadmium and lead resistant bacteria. *Global Advanced Research Journal of Microbiol* 1(11):194-198.

Paredes-Mendoza M, Espinoza-Victoria D (2010). Ácidos orgánicos producidos por rizobacterias que solubilizan fosfato: Una revisión crítica. *Terra Latinoamericana* 28(1):61-70.

Pérez CA, Chamorro AL (2012). Bacterias endófitas: Una alternativa biológica para el control de *Burkholderia glumae* en el cultivo de arroz en Colombia. *Rev Col Cien Anim* 4(1):172-184.

Sarabia-Ochoa M, Madrigal-Pedraza R, Martínez-Trujillo M, Carreón-Abud Y (2010). Plantas, hongos micorrízicos y bacterias: su compleja red de interacciones. *Biológicas* 12(1):65-71.

Suárez P, Reyes R (2002). La incorporación de metales pesados en las bacterias y su importancia para el ambiente. *Interciencia* 27(4):160-164.

Tejada, G J (2000). Diseño de un humedal para la remoción de Cd, As y Cr con plantas de *Typha latifolia* (Espadaña). Tesis de Maestría UASLP.

Thakuria D, N C Talukdar, C Goswani, S Hazarika, R C Boro, M R Khan (2004) Characterization and screening of bacteria from rhizosphere of rice grown in acidic soils of Assam. *Curr Sci* 86:978-985

Yang-feng Z, Lin-yan H, Zhao-jin Ch, Qing-ya W, Meng Q, Xia-fang S (2011). Characterization of ACC deaminase-producing endophytic bacteria isolated from copper-tolerant plants and their potential in promoting the growth and copper accumulation of *Brassica napus*. *Chemosphere* 83: 57-62.

Zhuang X, Chen J, Shim H, Bai Z (2007). New advances in plant growth-promoting rhizobacteria for bioremediation. *Environ Int* 33:406-413.

## **Prevalencia de cepas multirresistentes de *Salmonella* spp y *Escherichia coli* 0157:H7 en alimentos crudos en la Ciudad de Puebla**

A. López., A.C. Ruiz., C. Cabrera., G. León. y F. Tejeda

A. López., A.C. Ruiz., C. Cabrera., G. León. y F. Tejeda

Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Facultad de Ciencias Químicas, Departamento de Microbiología. C.P. 72570.

alma.lopez@correo.buap.mx

M. Ramos., V.Aguilera., (eds.).Ciencias Naturales y Exactas, Handbook -©ECORFAN- Valle de Santiago, Guanajuato, 2014.

## Abstract

Gastrointestinal diseases are a problem among Mexican population and worldwide, because they can be transmitted by contaminated food or mismanagement and manipulation. Ignorance of the causal agent of these diseases can result in an incorrect treatment to the patient, the emergence of resistant microorganisms or a complication of the disease that can lead to death. It is for these reasons that the present work is focused on identifying the most common causative agents of gastroenteritis, *Escherichia coli* O157:H7 and *Salmonella* spp. in raw food in the city of Puebla, and thus be able to propose measures for the control of these diseases. In analyzed samples of meat of different presentations, the percentage recovery of strains of *Salmonella* spp. was 22.7 % while the recovery of *E. coli* O157:H7 was 1.66 %. In the different samples of vegetables the recovery percentage for *Salmonella* spp. And *E. coli* O157:H7 was 2.5 %. The presence of *Salmonella* spp. or *E. coli* O157:H7 wasn't demonstrated in egg samples.

## 23 Introducción

En México, las enfermedades transmitidas por alimentos (ETA's) afectan principalmente a los sectores de la población más susceptibles, estas enfermedades se asocian con el consumo de alimentos contaminados. La característica más común de las ETA's de origen microbiano es el síndrome diarreico; en otras, como la neurocisticercosis, la micotoxicosis, la brucelosis, la listeriosis y la faringitis estreptocócica, no suele presentarse (Fernández, et al. 2000).

Datos de la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2008), señalan que más del 70% de las gastroenteritis, se atribuyen al consumo de alimentos contaminados. De acuerdo a la Dirección General de Vigilancia Epidemiológica de la Secretaría de Salud, en nuestro país anualmente se presentan 5, 507 518 casos de gastroenteritis (OMS, 2010). Esta cifra, según expertos de la OMS, representa sólo entre el 1 y 3% de los casos reales. Con frecuencia entre los sitios mayormente involucrados con brotes de ETA's destacan: restaurantes, escuelas, hospitales e incluso el propio hogar, debido principalmente a la deficiente manipulación y aplicación de malas prácticas higiénicas al momento de su obtención, transporte, almacenamiento, preparación y servicio de alimentos, convirtiéndose así en vehículos de agentes patógenos, principalmente de origen microbiano (Castro, et al. 2012; Muller, 1981 y Rosas, et al. 2001).

Tradicionalmente, los alimentos implicados en brotes de ETA's son carnes, aves pescados y mariscos deficientemente cocinados o leche no pasteurizada. De manera particular, los productos cárnicos, que son procesados manualmente, constituyen un excelente medio de cultivo, ya que presentan un elevado porcentaje de humedad, pH próximo a la neutralidad, composición rica en nutrientes que favorecen el establecimiento, supervivencia e incluso la multiplicación de un gran número de microorganismos capaces de provocar ETA's en humanos. Según datos obtenidos por el Centro de Prevención y Control de Enfermedades, señalan a los productos de origen animal, como los principales vehículos de patógenos bacterianos como *Campylobacter*, *Salmonella* spp., *E. coli* O157:H7 y *Yersinia* (CDC, 2011).

Por ejemplo las condiciones sanitarias deficientes durante la matanza de los animales, un almacenamiento inadecuado y una higiene precaria durante la preparación de los productos cárnicos, son factores que favorecen la contaminación de los alimentos y, por lo tanto, un incremento de riesgo a la salud del consumidor. En este sentido la carne molida de res, de amplia aceptación en nuestro país, constituye un medio ideal para el desarrollo de microorganismos (López, et al. 2009).

A pesar de que los huevos frescos con el cascarón intacto se consideran estériles, hoy en día se sabe que éstos pueden contener a *Salmonella* spp. por lo que se consideran "alimentos potencialmente peligrosos" (Pesaresi, 2003).

Tal es el caso del huevo cocido utilizado en la elaboración de ensaladas, que se han visto involucrados en brotes de ETA's asociados a *Salmonella enteritidis*, *Cyclospora* y *Escherichia coli* O157:H7 (Buzby, 2001). Existen reportes que demuestran que el número de huevos contaminados es alrededor de 2.7 millones anualmente en USA.

La población está interesada en consumir alimentos libres de patógenos. Y la inocuidad es uno de los cuatro grupos básicos de características que, junto con las nutricionales, las organolépticas y las comerciales, componen la calidad total de los alimentos. En Estados Unidos se ha reportado que la salmonelosis es la segunda causa de ETA's de origen bacteriano y la gran mayoría de estas enfermedades está asociada con el consumo de productos como carne, aves de corral, huevos, leche, mariscos, frutas y verduras contaminados con *Salmonella* (Foley, et al. 2008).

Actualmente, en nuestro país la incidencia real de las ETA's es desconocida, debido a que no se denuncian ante las autoridades sanitarias, aquellos casos de enfermedades originadas por el consumo de alimentos contaminados.

Aunado a esto, el frecuente aislamiento de cepas de *Salmonella* spp. que presentan resistencia a uno o varios antimicrobianos a partir de fuentes humanas, es considerado como alarmante y se ha constituido como un importante problema de salud pública. Se han presentado brotes de salmonelosis humana causados por cepas resistentes en Estados Unidos, Nueva Zelanda, Canadá, Gran Bretaña, África, India y Brasil. En muchos de estos acontecimientos, el origen de las cepas estuvo asociado con animales, y en algunos casos, a alimentos consumidos por estos últimos (López, et al. 2009).

Diversos reportes han mostrado un incremento en la emergencia de *Salmonella* y *E. coli* con niveles significativos de resistencia a los antimicrobianos (Duffy, et al. 2005 y Musgrove, et al. 2006). En adición a la automedicación terapéutica, en veterinaria y en agricultura se aplican antimicrobianos de manera indiscriminada (Miko, et al. 2005 y Puig, et al, 2011).

Aunque existe controversia respecto a si es el ambiente animal o en el humano donde se generan primordialmente las cepas resistentes, se reconoce que en ambos se dan condiciones para su surgimiento y persistencia. Se considera, por otra parte, que el empleo de dosis subterapéuticas de antimicrobianos en la dieta animal con fines profilácticos o para promover su desarrollo, es una práctica que fomenta la aparición y diseminación de cepas resistentes en el medio ambiente y en la cadena alimentaria.

*E. coli* es la especie predominante entre las diversas bacterias anaerobias facultativas que constituyen parte de la microbiota intestinal de animales de sangre caliente.

El significado de su presencia en los alimentos debe ser evaluado sobre dos vertientes: como indicador de una contaminación de origen fecal, y otra como indicativo de la posible presencia de agentes enteropatógenos para humanos y animales (Kasnowski, et al. 2008 y McCollum, et al. 2012).

Por ello, los esfuerzos para el control de las infecciones por los diferentes patotipos de *E. coli* y *Salmonella* spp deberían enfocarse en detectar a las bacterias en alimentos y en capacitar a las personas involucradas en la preparación de alimentos y en el correcto manejo de los mismos.

La prevención efectiva de las ETA's, se sustenta primariamente en el conocimiento de la ecología de los microorganismos implicados y de la epidemiología del padecimiento que provocan.

Aunque algunas acciones de carácter general tienen valor práctico, es esencial considerar las características que le son propias a cada agente patógeno para diseñar acciones específicas que conduzcan a su control efectivo. La información requerida se refiere en general a las fuentes y mecanismos de contaminación y de los factores ecológicos que determinan su comportamiento en los alimentos y en el medio ambiente. Adicionalmente el conocer la multirresistencia que han desarrollado algunos agentes patógenos bacterianos, facilitará y promoverá la ejecución de trabajos que generen una mayor información en nuestro Estado y en nuestro País.

El objetivo del trabajo fue investigar la presencia de *Salmonella* spp. y *Escherichia coli* O157:H7 en alimentos crudos: carne molida de res, huevos, frutas y verduras, adquiridos en diferentes mercados y supermercados de la ciudad de Puebla, Pue., Méx., aplicando los procedimientos descritos en las Normas Oficiales Mexicanas, por organismos internacionales (FAO, USDA, FDA) y el uso de técnicas de biología molecular (PCR) para la identificación de las bacterias aisladas, así como determinar la resistencia a antibióticos y el efecto de los factores físicos.

### 23.1 Materiales y métodos

Se recolectó un total de 360 muestras distribuidas de la siguiente manera: 180 muestras de carne (75 muestras de carne molida de res, 35 muestras de carne cruda de cerdo, 35 de res y 35 de pollo) adquiridas en mercados públicos y carnicerías establecidas de la ciudad de Puebla y Atlixco; 100 muestras de huevo, (50 muestras adquiridas en mercados populares y 50 en granjas); 80 muestras de verduras (20 de lechuga de supermercado, 20 de lechuga y 20 de pepinos de mercados populares y 20 muestras de cilantro, obtenidas en taquerías ambulantes, ubicadas en la zona sur de la Ciudad de Puebla).

Todas las muestras fueron transportadas al laboratorio en condiciones de refrigeración, en un lapso no mayor de 3 a 4 horas, para investigar la presencia de *Salmonella* spp. y *E. coli* O157:H7.

Para la investigación de *Salmonella* spp., los análisis microbiológicos se realizaron mediante los métodos oficiales descritos en las NOM (Secretaría de Salud, 1994<sup>a</sup> y Test *Salmonella*, Merck), y la FDA (Food & Drug Administration, 2001).

Se pesaron asepticamente 25 g de cada muestra y se procedió a la homogenización en 225 mL de caldo lactosado (Bioxon), se incubó durante  $24 \pm 2$  h a 35°C.

Luego se transfirió una alícuota de 1 mL del crecimiento en caldo lactosado a tubos conteniendo 10 mL de caldo selenito de sodio (Bioxon), caldo tetracionato sin verde brillante (Bioxon) adicionado de una solución yodo-yoduro y Rappaport-Vassiliadis R10 Broth (Difco™). Se incubaron  $42 \pm 2$  h a 35°C, para favorecer el crecimiento de *Salmonella* e inhibir a otras bacterias presentes en las muestras. Se realizó la inoculación en placas de agar *Salmonella* y *Shigella* (Bioxon), agar verde brillante (Bioxon), agar XLD (Bioxon) y agar sulfito de bismuto (Bioxon).

Se incubaron  $24 \pm 2$  h a 35°C, posteriormente se examinaron las placas para investigar la presencia de colonias típicas de *Salmonella* sp. colonias lactosa negativa y productoras de H<sub>2</sub>S; para la identificación bioquímica se utilizaron los ensayos primarios catalasa, oxidasa (BBL) y las pruebas complementarias como: agar de hierro y triple azúcar TSI (Bioxon), agar de hierro y lisina LIA (Bioxon), medio MIO (Bioxon) agar citrato de Simmons (Bioxon) y agar urea (Bioxon) y confirmación serológica utilizando sueros polivalentes fabricados por el InDRE-SSA. Para la interpretación de los resultados se informó: presencia o ausencia de *Salmonella* sp.

La detección de *E. coli* O157:H7, se realizó de acuerdo al procedimiento descrito por la FDA, Rivas y col., 2008 (Food & Drug Administration, 2001, Rivas, et al. 2008 y Test Merck). Se pesaron asépticamente 65 g de cada muestra y se realizó un enriquecimiento, con 585 mL de caldo lauril sulfato (Bioxon), se incubó  $42 \pm 2$  h a  $35^{\circ}\text{C}$ , para promover el desarrollo de bacterias “patógenas que se encuentren en bajo número a partir de muestras de alimentos donde exista una elevada concentración de microorganismos comensales” (Marzocca et al, 2006). Para la inoculación en medios selectivos y diferenciales, se usaron placas de agar Mac Conkey (Bioxon), agar Mac Conkey sorbitol (Difco) suplementado con telurito de cefixima; posteriormente, se implementó el uso de CHROMagar™ para la identificación presuntiva de *E. coli* O157:H7 incubando  $24 \pm 2$  h a  $35^{\circ}\text{C}$ . Se realizó la identificación visual de las colonias de *E. coli*, siendo lactosa positiva en agar Mac Conkey, no fermentadoras de sorbitol en placas de agar Mac Conkey sorbitol y por el color malva en CHROMagar™. Las cepas presuntivas de *E. coli* O157:H7 fueron confirmadas por pruebas primarias como catalasa y oxidasa (BBL) y pruebas secundarias como: agar de hierro y triple azúcar (TSI) (Bioxon), agar de hierro y lisina (LIA) (Bioxon), medio MIO (Bioxon), agar citrato de Simmons (Bioxon) y agar urea y confirmación serológica utilizando sueros polivalentes fabricados por el InDRE-SSA.

Para la interpretación de los resultados se informó: presencia o ausencia de *E. coli* O157:H7.

Únicamente para las muestras de cilantro se ocuparon los Test para la detección de *Salmonella* sp y *E. coli* O157 (Test Merck).

La determinación de la sensibilidad a los antimicrobianos se llevó a cabo mediante el método de difusión en placa (método Kirby-Bauer) siguiendo las instrucciones descritas por el Clinical and Laboratory Standards Institute (CLSI, 2013). Los antibióticos y sus concentraciones utilizadas fueron: amikacina (30  $\mu\text{g}$ ), ampicilina (10  $\mu\text{g}$ ), bacitracina (10  $\mu\text{g}$ ), ceftriaxona (30  $\mu\text{g}$ ), ciprofloxacino (5  $\mu\text{g}$ ), cloranfenicol (30  $\mu\text{g}$ ), doxiciclina (30  $\mu\text{g}$ ), gentamicina (10  $\mu\text{g}$ ), levofloxacino (5  $\mu\text{g}$ ) y nitrofurantoina (300  $\mu\text{g}$ ). Los perfiles de sensibilidad se ratificaron con galerías ATB GN (Biomériux).

Para la evaluación de los efectos del pH inicial y concentración de NaCl en el desarrollo de cepas *Salmonella* multirresistentes (*Salmonella* MR), se seleccionaron cepas resistentes a más de 4 antibióticos (1 a 4 y 5, 3 a 6, 3 a 7 y 1 a 8). El estudio se llevó a cabo en el Equipo Computarizado Bioscreen C (Labsystems, Helsinki, Finlandia), el cual permite determinar el comportamiento de las cepas mediante la medición de la turbiedad generada en los caldos de cultivo, utilizando el filtro WB (Wide Band 420 - 580 nm). Para evaluar el efecto del pH inicial, se prepararon cultivos frescos independientes de 10 cepas de *Salmonella* MR, nueve aisladas a partir de carne cruda y una cepa control (*Salmonella* Paratyphi resistente a 7 de los 10 antibióticos evaluados), mediante tres transferencias sucesivas en caldo lactosado (CL) incubadas a  $35^{\circ}\text{C}$  durante 24 h. Las células fueron lavadas 3 veces con diluyente de peptona al 1% (DP) mediante centrifugación; y los paquetes celulares se resuspendieron en DP. Se prepararon series de tubos con 10 mL de CL estéril ajustado con ácido o álcali mediante un potenciómetro, previo a su esterilización (Mod. 450 Corning) a pH 3.0, 3.5, 4.0, 4.5, 5.0, 5.5, 6.0, 6.5, 7.0, 7.5, 8.0, 8.5 y 9.0. Se colocaron individualmente 330  $\mu\text{L}$  de cada caldo con el pH ajustado, en cada fosa de las placas de plástico estéril del equipo Bioscreen. Las fosas se inocularon individualmente con aproximadamente 3.5 log UFC de *Salmonella* MR, contenidas en 10  $\mu\text{L}$  de la suspensión. El recuento del inóculo se realizó mediante la técnica de vaciado en placa con agar soya tripticasa, incubando a  $35^{\circ}\text{C}$  durante 24 h. El comportamiento de las cepas se estudió a  $35^{\circ}\text{C}$  durante 18 h en el equipo, realizando registros de densidad óptica (DO) cada 15 min con agitación previa por 5 seg. Para evaluar el efecto de la concentración de NaCl, se obtuvieron suspensiones de las cepas de *Salmonella* MR como se describió anteriormente.

Se prepararon series de tubos con 10 mL de CL estéril a pH 7.0 ajustado a concentraciones finales de NaCl de 0.0, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0, 3.5 y 4.0%. Se continuó con la metodología anteriormente descrita. El efecto del pH inicial y concentración de NaCl se determinó mediante el cálculo de los tiempos de detección de desarrollo de las cepas de Salmonella MR. Para evaluar el efecto de la temperatura sobre el desarrollo de Salmonella MR, se obtuvieron los cultivos de las 10 cepas como se describió anteriormente. Se prepararon series de tubos con 4 mL de CL pH 7.0. Los tubos fueron inoculados individualmente con una suspensión de aproximadamente 1.2 y 3.5 log ufc/mL de Salmonella MR contenidos en 100 µL. El efecto de la temperatura se estudió a 25, 30, 35, 44, y 46°C en baño maría por un periodo de 96 h, realizando registro de presencia/ausencia de crecimiento.

El análisis molecular de las cepas de *E. coli* y *Salmonella* spp, obtenidas de las muestras de carne y vegetales, se realizó por amplificación de ADN por reacción en cadena de la polimerasa (PCR). Se utilizó una cepa *E. coli* O157:H7 de referencia productora de toxina shiga like (stx). Las similitudes morfológicas entre la cepa de referencia y las cepas aisladas se determinaron por su crecimiento en agar cromogénico de *E. coli* O157:H7 suplementado con cefixime-telurito.

La extracción de DNA se realizó con el kit Wizard Genomics (Promega), se amplificaron los genes *fimA* e *invA* para la identificación de *Salmonella* y los genes *eae*, *stx1* y *stx2* para la identificación de *E. coli*.

Las secuencias de oligonucleotidos (primers) utilizados para la amplificación se diseñaron y posteriormente se solicitó su síntesis en el Instituto de Biotecnología de la UNAM.

La amplificación se realizó en un termociclador Mastercycler gradient de punto final (Eppendorf), los productos de amplificación se sometieron a electroforesis (Electroforetic gel system, Bio-Rad) en geles de agarosa, se tiñeron con bromuro de etidio y se visualizaron en un transiluminador de luz ultravioleta (Bio-Rad).

## 23.2 Resultados y discusión

La calidad de los alimentos está sustentada por tres áreas de estudio: microbiológica, fisicoquímica y sensorial.

De las cuales la que reviste mayor importancia es la calidad microbiológica, ya que a través de ella se puede determinar la inocuidad de los alimentos; es decir, que no produzcan enfermedades a las personas que los consumen. Se ha reconocido que la presencia de bacterias patógenas en alimentos de origen animal y vegetal constituyen un riesgo para la salud de las personas, debido a que estos microorganismos son capaces de generar problemas gastrointestinales y son estas patologías una de las primeras causas de consulta médica y de muerte en México y en todo el mundo.

Del número total de muestras de carne analizadas en las diferentes presentaciones (n=180), el porcentaje de recuperación de las cepas de *Salmonella* spp fue de 22.7% (41/180). En el 2011, Torres, en la ciudad de Guadalajara, Jalisco, reportó para chorizo y longaniza, 36 y 24% de muestras positivas a *Salmonella* spp, respectivamente. Bello y cols.1, realizaron un estudio en el Estado de Guerrero, detectando *Salmonella* spp en el 32.4% de muestras de carne que incluían res, cerdo, pollo, pescado entero, chorizo y longaniza.

En general, los porcentajes de positividad pueden variar debido a la combinación de diferentes factores como; la zona geográfica y, por lo tanto las condiciones climáticas, el origen y la cantidad de muestras analizadas, los medios utilizados en la metodología, etc.1, 38 Mientras que la recuperación de *E. coli* O157:H7 fue del 1.6% (3/180). Los reportes existentes en relación al tema indican un bajo porcentaje de recuperación de estas bacterias, lo cual concuerda con los resultados obtenidos. (Franco, et al. 2011, kasnoski, et al. 2008; Kiermeier, et al. 2011; Marzocca, et al. 2006; Narváez, et al. 2005; Phillips, et al. 2012; Treviño, et al. 2009; Vally, et al 2012 y Varela, et al. 2008).

En el caso de la carne, será importante implementar estrategias de intervención enfocadas en la prevención de contaminación de estas bacterias patógenas en las opciones de desollado y evisceración durante el sacrificio, ya que durante estos procesos se produce la contaminación de la carne.

Aunque se trata de carne cruda que deberá consumirse cocida, existe la posibilidad de una contaminación cruzada del alimento preparado; también podría ocurrir, que en el cocimiento de la carne no se alcance la temperatura para destruir al patógeno (Treviño, et al. 2009).

Por otro lado, aunque en México no se cuenta con información referente al aislamiento de *Salmonella* spp y *E. coli* O157:H7 y al ser escasos los estudios de la incidencia de estos patógenos al interior del huevo, la ausencia de estos microorganismos patógenos en el huevo de gallina, no descarta la posibilidad de que algunos factores como el tiempo, clima, manipulación del producto hayan influido condicionando su ausencia en las 100 muestras analizadas.

En las diferentes muestras de verduras (n=80) el porcentaje de recuperación de *Salmonella* spp fue 2.5% (2/80) y la de *E. coli* O157:H7 fue de 2.5% (2/80). En este sentido, se ha alertado que productos frescos como lechuga, lechuga romana, rábano, espinacas, apio, etc. Pueden estar contaminados por *Salmonella* spp., *E. coli*, *Campylobacter* sp. y *Listeria* sp. (Barrantes, et al. 2011; Bautista, et al. 2013; Berger, et al. 2010; Buzby, 2001; CDC, 2011; Kase, et al. 2012; Lou, et al. 2010; Slayton, et al. 2013; Torres, et al. 2013; Tzschoppe, et al. 2013 y Vandamm, et al. 2013).

Las verduras que se comercializan en las tiendas de autoservicio deben cumplir con las normas de higiene para su venta establecidas en la Normatividad Sanitaria vigente, ya que las verduras están expuestas a constantes tipos de contaminación, desde el momento de su cultivo hasta su consumo. Y la ausencia de estas bacterias en las lechugas refleja la calidad sanitaria y es sinónimo de calidad, seguridad y confianza para el consumidor.

Sin embargo, si se toma en cuenta que la venta y distribución de alimentos crudos en los mercados populares como lechugas y pepinos no son las más adecuadas y además la falta de higienización en los hogares antes de su consumo permiten que la flora microbiana en dichos alimentos pueda afectar al consumidor y, por tanto, en algunos casos ocasionar enfermedades.

La gestión de alerta sanitaria a nivel Mundial es fundamental, y es necesario establecer estrategias preventivas para evitar propagación al encontrarse en las hortalizas de consumo cotidiano que se utilizan para la preparación de variedad de productos frescos.

La aparición de resistencia a antimicrobianos es un problema para la salud pública y la sanidad animal, puesto que pone en serio peligro la eficacia del tratamiento de elección contra las infecciones bacterianas (Holmberg, 1987). En los últimos años, diferentes estudios destacan la relación existente entre el consumo de antibióticos por animales y el desarrollo de resistencias en microorganismos vinculados a infecciones en humanos.

La práctica del uso de antibióticos en animales con fines veterinarios o para incrementar el engorda, plantea la misma situación ecológica que en la práctica de la medicina humana; es decir, el uso del fármaco ejerce una presión selectiva sobre la población bacteriana por la que se seleccionan los microorganismos mejor adaptados (resistentes).

La relación entre las bacterias responsables de enfermedades de origen alimentario en humanos y la resistencia a los antimicrobianos ha sido objeto de investigación en varios estudios, particularmente en patógenos como *Salmonella* (Rodríguez, et al. 2009).

Se analizaron 42 cepas de *Salmonella* para determinar si eran multirresistentes. De estas se observó resistencia a gentamicina (100%), bacitracina (100%), amikacina (90.4%), doxiciclina (45.8%), cloranfenicol (41.0%), ampicilina (40.0%) y ciprofloxacino (25.3). Los antibióticos en los que se mostró menos resistencia fueron: ceftriaxona (1.2%), nitrofurantoína (8.4%) y levofloxacino (13.2%). Se encontró multirresistencia a por lo menos 2 antibióticos en 3.6%; 25.3% fueron resistentes a 3; 20.5% a 4; 22.9% a 5 antibióticos; el 14.5% a 6; 8.4% a 7 y finalmente 4.8% fueron resistentes a 8 antibióticos. Con respecto al efecto de pH sobre el crecimiento de cepas multirresistentes analizadas en el equipo Bioscreen, ninguna de las cepas presentó desarrollo en el rango de pH de 3.0 a 4.0. Todas las cepas desarrollaron a partir de pH 4.5, mostrando un desarrollo óptimo a pH 6.0 y hasta 8.5.

En relación al efecto de la concentración de NaCl sobre el crecimiento de cepas de *Salmonella* MR en tubos con caldo lactosado a pH 7.0 y también analizadas en el equipo computarizado Bioscreen: todas las cepas presentaron desarrollo entre 0% a 2.0% de NaCl, mientras que la concentración óptima fue de 1%. El rango de temperatura óptima de las cepas multirresistentes de *Salmonella* spp. Se encontró entre 25 y 35° C, a una temperatura de 44°C el crecimiento fue menor y la inhibición del crecimiento se presentó a los 46°C. Por medio de la amplificación de los genes *fimA* e *invA* se identificaron las cepas de *Salmonella*, de la misma forma, la amplificación específica de los genes *eae*, *stx1* y *stx2* permitió la identificación de *E. coli* O157:H7.

### 23.3 Conclusiones

De las 80 muestras de carne analizadas en las diferentes presentaciones, el porcentaje de recuperación de las cepas de *Salmonella* spp fue de 22.7%. Mientras que la recuperación de *E. coli* O157:H7 fue de 1.66%. No se demostró la presencia de *Salmonella* sp. ni de *E. coli* O157:H7 en las muestras de huevo analizadas. En las diferentes muestras de verduras el porcentaje de recuperación tanto de *Salmonella* spp como de *E. coli* O157:H7 fue de 2.5%. El 100% de las cepas de *Salmonella* spp mostró multirresistencia desde 2 a 8 antibióticos.

El pH óptimo de desarrollo de las cepas multirresistentes de *Salmonella* spp fue de 5.5 a 7.5. Todas las cepas presentaron desarrollo entre 0% a 2.0% de NaCl, mientras que la concentración óptima de NaCl fue de 1%. El rango de temperaturas óptimo para el desarrollo de las cepas multirresistentes de *Salmonella* spp. se encontró entre 25 y 35°C.

Se ha alertado con regularidad que el consumo de carne de res y verduras se asocia con infecciones producidas por *Salmonella* spp. y *Escherichia coli* O157:H7, lo que se está convirtiendo en una seria amenaza para la seguridad alimentaria en diferentes países del mundo (Ramoneda, et al. 2013; Rajashekara, et al. 2000 y Vally, et al. 2012). En este sentido, el ganado bovino es considerado el reservorio primario (Pérez, 2008; Ramoneda, et al. 2013).

La transmisión de los agentes patógenos se produce a través del consumo de alimentos inadecuadamente procesados, quesos (McCollum, et al. 2012), hortalizas (Slayton, et al. 2013 y Vandamm, et al. 2013), agua contaminada y con menor frecuencia a través del contacto con el estiércol, animales o personas infectadas.

Se recomienda mejorar el manejo de los animales durante el sacrificio y las condiciones sanitarias en rastros (mataderos), ya que la contaminación de la carne en canal es el resultado directo de la transferencia de patógenos a partir de pieles de ganado bovino presentes y su posterior contaminación durante el sacrificio. En el caso del huevo el no aislamiento de estos microorganismos no lo libera de un riesgo al consumidor. Por lo que se recomienda sea consumido cocido y las verduras en general, someterlas a un proceso de desinfección antes de ser consumidas.

Finalmente, la búsqueda continua de estos microorganismos en alimentos como la carne, huevo o vegetales crudos podría proporcionar un panorama más amplio de la ausencia o presencia de éstos, y en su caso se podrán establecer lineamientos generales para evitar el desarrollo de bacterias potencialmente patógenas como lo es *Salmonella* spp. y EHEC.

Por lo tanto, antes de consumir estos alimentos es necesario que, en el caso de la carne, se someta a un proceso eficiente de cocción y la desinfección en el caso de las verduras. Por lo que recomienda adoptar, promover y difundir entre la población en general, las recomendaciones de la Organización Mundial de la Salud (OMS), aplicando las cinco claves para mejorar la inocuidad de los alimentos:

- Mantener la limpieza.
- Separar los alimentos crudos de los cocinados
- Cocinar bien todos los alimentos
- Mantener los alimentos a la temperatura adecuada
- Utilizar agua e ingredientes inocuos

Aun cuando los problemas más preocupantes relacionados con la inocuidad de los alimentos son:

- La propagación de los riesgos microbiológicos (entre ellos bacterias como *Salmonella* o *Escherichia coli*).
- Los contaminantes químicos de los alimentos.
- La evaluación de nuevas tecnologías alimentarias, como los alimentos genéticamente modificados, y
- La creación en la mayoría de los países de sistemas sólidos que velen por la inocuidad de los alimentos y garanticen la seguridad de la cadena alimentaria mundial.

### **23.4 Agradecimientos**

Esta investigación fue financiada por PROMEP y forma parte del proyecto: “Prevalencia de cepas multirresistentes de *Salmonella* sp. y *Escherichia coli* O157:H7 en alimentos crudos en la ciudad de Puebla”.

### **23.5 Referencias**

Bello, L. A. y Ortiz, D. (1990). *Salmonella* en carnes crudas: un estudio en localidades de Guerrero. *Salud Pública México*, 32(1), 74–79.

Barrantes, K. y Achí, R. (2011). Calidad microbiológica y análisis de patógenos (*Shigella* y *Salmonella*) en lechuga. *Revista de la Sociedad Venezolana de Microbiología*, 31, 31-36.

Bautista de León, H., Gómez, A. C.A., Rangel, V. E., Vázquez, B. E. y Castro, R. J. (2013). Frequency of indicator bacteria, *Salmonella* and diarrhoeagenic *Escherichia coli* pathotypes on ready-to-eat cooked vegetable salads from Mexican restaurants. Recuperado el 2 de abril, 2013, de <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23461467>.

Berger, C. N., Sodha, S. V., Shaw, R. K., Griffin, P. M., Hand, P. y Frankel, G. (2010). Fresh fruit and vegetables as vehicles for the transmission of human pathogens. *Environmental microbiology*, 12(9), 2385-2397.

Buzby, J. (2001). Economics of foodborne disease. Economic Research Service. US Department of Agriculture, Recuperado el 2 de abril, 2013, de [www.ers.usda.gov/Briefing/FoodborneDisease/foodlandpathogens/index.htm](http://www.ers.usda.gov/Briefing/FoodborneDisease/foodlandpathogens/index.htm).

Castro, R. J., Cerna, C. J. F., Méndez R. E., López, H. D., Gómez, A. C.A. y Estrada G. T. (2012). Presence of faecal coliforms, *Escherichia coli* and diarrheagenic *E. coli* pathotypes in ready-to-eat salads, from an area where crops are irrigated with untreated sewage water. *International Journal of Food Microbiology*, 15(2),176-80

Centers for Disease Control (CDC). 2011. Estimates of foodborne illness in the United States. US Department of Health and Human Services, Recuperado el 2 de mayo, 2013 de <http://www.cdc.gov/foodborneburden/2011-foodborne-estimates.html>

Clinical and Laboratory Standards Institute (CLSI) 2013. Performance Standards for Antimicrobial Susceptibility Testing; Twenty-Third Informational Supplement.M100-S23

Duffy, E. A., Lucia, L. M., Kells, J. M., Castillo, A., Pillai, S. D. y Acuff, G. R. (2005) Concentration of *Escherichia coli* and genetic diversity and antibiotic resistance profiling of *Salmonella* isolated from irrigation water, packing shed equipment, and fresh produce in Texas. *Journal Food Protection*, 68, 70-79.

European Center for Disease Control. (2011). EU case definition: HUS caused by epidemic strain Shiga toxin 2-producing *Escherichia coli*. Recuperado el 19 de mayo, 2012 de [http://www.ecdc.europa.eu/en/healthtopics/escherichia\\_coli/epidemiological\\_data/Pages/EU\\_case\\_definition.aspx](http://www.ecdc.europa.eu/en/healthtopics/escherichia_coli/epidemiological_data/Pages/EU_case_definition.aspx)

Food & Drug Administration. (2001). *Salmonella* spp. In: Foodborne pathogenic microorganisms and natural toxins handbook. *Center for food safety & applied nutrition*. Recuperado el 15 de abril, de <http://vm.cfsan.fda.gov/~mow/chap21.html>

Food & Drug Administration. (2001). *Escherichia coli* O157:H7. In: Foodborne pathogenic microorganisms and natural toxins handbook. Center for food safety & applied nutrition, Recuperado el 4 de mayo, 2013 de <http://vm.cfsan.fda.gov/~mow/chap21.html>

Franco, U. L., Vargas, P. X., Mendoza, I. A., Bayona, R. M. y Plaza, A. (2001). Determinación de *Escherichia coli* O157 a partir de productos cárnicos y lácteos artesanales empleando dos sistemas de aislamiento. Recuperado el 11 de julio, 2011 <http://redalyc.uaemex.mx/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=49911595004>.

Fernández, E. (2000). Microbiología e inocuidad de los alimentos. México: Universidad Autónoma de Querétaro, 561–572

Foley, S.L., Lynne, A.M. y Nayak, R. (2008) *Salmonella* challenges: prevalence in swine and poultry and potential pathogenicity of such isolates. *Journal of Animal Science*, 86(14), 149-162.

Holmberg, S. D., Solomon S. L and Blake, P. A. (1987). Health and economic impacts of antimicrobial resistance. *Clinical Infectious Diseases*, 9(6),1065–1078.

Kase, J. A., Borenstein, S., Blodgett, R. J. y Feng, P. C. (2012b). Microbial quality of bagged baby spinach and romaine lettuce: effects of top versus bottom sampling. *Journal of Food Protection*, 75(1),132-136.

Kasnowski, C. M., Franco, R. M., Trindade, O. L. A., Valente, A.M., Carvalho, J. C. y Conte, J. A. C. (2008). Detección, caracterización serológica y antibiogramas de *Escherichia coli* aisladas de carne de ternera (babilla) entera y picada. *Revista de la Facultad de Salud Pública y Nutrición*. [En línea]. Recuperado el 9 de mayo, 2011 de <http://www.respyn.uanl.mx/ix/3/index.html> //Fecha de consulta.

Kiermeier, A., Mellor, G., Barlow, R. y Jenson, I. (2011). Assumptions of acceptance sampling and the implications for lot contamination: *Escherichia coli* O157 in lots of Australian manufacturing beef. *Journal of Food Protection*. 74(4), 539-544.

López; C.O., León, F. J., Jiménez, E. M. y Chaidez, Q. C. (2009). Detección y resistencia a antibióticos de *Escherichia coli* y *Salmonella* en agua y suelo agrícola. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 32(2),119-126

Lou, Y., He, Q. y McEvoy, J. L. (2010). Effect of storage temperature and duration on the behavior of *Escherichia coli* O157:H7 on packaged fresh-cut salad containing romaine and iceberg lettuce. *Journal of Food Science*, 75(7), 390-397.

Marzocca, M. A., Marucci, P. L., Sica, M. G., y Álvarez E. E. (2006). Detección de *Escherichia coli* O157:H7 en carne picada fresca y hamburguesas congeladas. *Revista Argentina de Microbiología*, 38,38-40

McCollum, J. T., Williams, N. J., Beam, S. W., Cosgrove, S., Etestad, P. J., Ghosh, T. S., Kimura, A. C., Nguyen, L., Stroika, S. G., Vogt, R. L., Watkins, A. W., Weiss, J. R., Williams, I. T. y Cronquist, A. B. (2012). Multistate outbreak of *Escherichia coli* O157:H7 infections associated with in-store sampling of an aged raw-milk Gouda cheese. *Journal of Food Protection*, 75(10), 1759–1765.

Miko, A., Pries, K., Schroetes, A. y Helmuth, R. (2005). Molecular mechanisms of resistance in multidrug-resistant ser. of *Salmonella* entérica isolated from foods in Germany. *Journal of Antimicrobial Chemotherapy*, 56,1025-1033.

- Muller, G., 1981. Microbiología de los alimentos vegetales. Acribia, S.A. Zaragoza, España, 1, 157-163.
- Musgrove, M., Jones, D., Northcutt, J., Cox, N., Harrison, M., Ferdorka, P. y Ladely, S. (2006). Antimicrobial resistance in *Salmonella* and *Escherichia coli* isolated from commercial shell eggs. *Poultry Science. Association*, 85:1665-1669.
- Narváez, C. A., Parra, K. C., Huerta, L. N., Rodas, G. y Arenas, M. L. (2005). Aislamiento de *Salmonella* y *E. coli* patógenas durante el procesamiento de hamburguesas en una pequeña planta de Maracaibo, Venezuela. *Revista Científica Facultad de Ciencias Veterinarias Universidad de Zulia*, 15(6), 551–559.
- Organización Mundial de la Salud. (2008). Informe sobre la salud en el mundo. La atención primaria de salud, más necesaria que nunca. 1 -116
- Pérez, Ch. M. L., Guerrero, L. I. y Ponce, A. E. (2008). Detección de microorganismos patógenos e indicadores en carne de bovino que se expende en supermercados de la ciudad de México. *Nacameh*, 2(2),188–194
- Pesaresi P. K. 2003. *Salmonella* and eggs. *Food safety, Kansas State University*. MF-2139.
- Phillips, D., Bridger, K., Jenson. I. y Summer, J., (2012). An Australian national survey of the microbiological quality of frozen boneless beef and beef primal cuts. *Journal of Food Protection*, 72(10), 862-1866
- Puig, P. Y., Espino, H. M. y Leyva C. V. (2011). Resistencia antimicrobiana en *Salmonella* y *E. coli* aisladas de alimentos: revisión de la literatura. *Panorama Cuba y Salud*, 6(1), 30-38
- Ramoneda, M., Foncuberta, M., Simón, M., Sabaté, S., Ferrer, M.D., Herrera, S., Landa, B., Musté, N., Martí, R., Trabado, V., Carbonell, O., Vila, M., Espelt, M., Ramírez, B. y Durán, J. (2013). Prevalence of verotoxigenic *Escherichia coli* O157 (VTECO157) and compliance with microbiological safety standards in bovine carcasses from an industrial beef slaughter plant. Recuperado el 9 de abril, 2013 de <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23461411>.
- Rajashekara, G., Haverly, E., Halvorson, D.A., Ferris, K.E., Lauer, D.C. y Nagaraja, K.V. (2000). Multidrug-Resistant *Salmonella* Typhimurium DT104 in Poultry. *Journal of Food Protection*, 63(7),155-161.
- Rivas, M., Leotta, G. y Chinen, I. (2008). Manual de procedimientos, diagnóstico y caracterización de *Escherichia coli* O157 productor de toxina Shiga a partir de alimentos. Recuperado el 28 de enero. 2010 de <http://fos.panalimentos.org/LinkClick.aspx?fileticket=IhllApW7G8c%3D&tabid=120&mid=460&language=es-ES>.
- Rosas, G.A. y Acosta V.M.P. (2001). Manual de manejo higiénico de los alimentos. Secretaría de Salud. México D.F. 1ª ed. 9-10.
- Secretaría de Salud de México. 2010- Boletín Semanal de Vigilancia Epidemiológica Semana 52
- Secretaría de Salud. (1994a). Norma Oficial Mexicana NOM-109-SSA1-1994. Bienes y servicios. Procedimientos para la toma, manejo y transporte de muestras de alimentos para su análisis microbiológico. Diario Oficial de la Federación. 04 de noviembre de 1994.

Secretaría de Salud. (1994b). Norma Oficial Mexicana NOM-093-SSA1-1994, bienes y servicios. Prácticas de higiene y sanidad en la preparación de alimentos que se ofrecen en establecimientos fijos. Apéndice informativo B. De las especificaciones sanitarias. Diario Oficial de la Federación. 4 de octubre de 1995.

Secretaría de Salud. (1995a). Norma Oficial Mexicana NOM-110-SSA1-1994. Bienes y servicios. Preparación y dilución de muestras de alimentos para su análisis microbiológico. Diario Oficial de la Federación. 16 de octubre de 1995.

Secretaría de Salud. (1995b). Apéndice Normativo B. Norma Oficial Mexicana NOM-145-SSA1-1995, productos cárnicos troceados y curados. Productos cárnicos curados y madurados. Disposiciones y especificaciones sanitarias. B. De la estimación de la densidad microbiana por la técnica del número más probable. Diario Oficial de la Federación. 3 de diciembre de 1999.

Secretaría de Salud. (1995c). Norma Oficial Mexicana NOM-114-SSA1-1994. Bienes y servicios. Método para la determinación de *Salmonella* en alimentos. Diario Oficial de la Federación. 22 de septiembre de 1995.

Secretaría de Salud. (1995d). Norma Oficial Mexicana NOM-092-SSA1-1994, bienes y servicios. Bienes y servicios. Método para la cuenta de bacterias aerobias en placa. Diario Oficial de la Federación. 12 de diciembre de 1995.

Slayton, R. B., Turabelidze, G., Bennett, S. D., Schwensohn, C. A., Yaffee, A. Q., Kham, F., Butler, C., Trees, E., Ayers, T. L., Davis, M. L., Laufer, A.S., Gladbach, S., Williams, I. y Gieraltowski, L. B. (2013). Outbreak of Shiga toxin-producing *Escherichia coli* (STEC) O157:H7 associated with romaine lettuce consumption. Recuperado el 11 de abril, 2013 de <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23390525>.

Prevalencia de *Salmonella* y *S. aureus* en chorizo y longaniza. *Red de cómputo sobre avances en ciencia y tecnología de la carne*. Recuperado el 11 de abril, 2013 de <http://cbs.izt.uam.mx/nacameh/>

Test E. coli O157 (Merck). Siglepath® E.coli O157. Rapid test for the detection of E.coli O157 in foods.

Test Salmonella (Merck).Siglepath® Salmonella. Rapid test for the detection of Salmonella in foods.

Torres V. C. A., Gómez A. J. F., Cerna C. A., Villaruel L. E., Rangel V. J. y Castro R. (2013). Presence of indicator bacteria, diarrhoeagenic *Escherichia coli* pathotypes and *Salmonella* in fresh carrot juice from Mexican restaurants. *Letters in Applied Microbiology*, 56(3),180-185.

Treviño, L. R.A., Mata, T. V., Espinoza, M. A., Martínez, V. I. O., Morales, L. A., Álvarez, O. G. y Gallegos, R. M. A. (2009). Detección de *Escherichia coli* O157:H7 en carne fresca de res mediante PCR múltiple. *Revista de la Facultad de Salud Pública y Nutrición*. Recuperado el 14 de marzo, 2012 de <http://www.medigraphic.org.mx>.

Tzschoppe, M., Martin, A. y Beutin, L. (2013). A rapid procedure for the detection and isolation of enterohaemorrhagic *Escherichia coli* (EHEC) serogroup O26, O103, O111, O118, O121, O145 and O157 strains and the aggregative EHEC O104:H4 strain from ready-to-eat vegetables. *International Journal Food Microbiology*, 152(1),19-30.

Vally, H., Hall, G., Dyda, A. Raupach, J., Knope, K., Combs, B. y Desmarchelier, P. (2012). Epidemiology of Shiga toxin producing *Escherichia coli* in Australia. Recuperado el 14 de abril, 2013 de <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22264221>.

Vandamm, J.P., Li, D., Harris, L.J., Schaffner, D.W. y Danyluk, M.D. (2013). Fate of *Escherichia coli* O157:H7, *Listeria monocytogenes*, and *Salmonella* on fresh-cut celery. *Food of Microbiology*, 24(1),151–157.

Varela, G., Chinen, I., Gadea, P., Miliwebsky, E., Mota, M.I., González, S., González, G., Gugliada, M.J., Carbonari, C.C., Algorta, G., Bernadá, M., Sabelli, R., Pardo, L., Rivas, M. y Schelotto, F. (2008). Detección y caracterización de *Escherichia coli* productor de toxina Shiga a partir de casos clínicos y de alimentos en Uruguay. *Revista Argentina de Microbiología*, 40(2), 93-100.

## **Un ejemplo de procesos de decisión de Markov sensibles al riesgo: Un enfoque por matrices no negativas**

María Chávez, Hugo Cruz y Hortensia Reyes

M. Chávez, H. Cruz y H. Reyes

Facultad de Ciencias Físico Matemáticas, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Avenida San Claudio y 18 sur  
nagiroke@hotmail.com

M. Ramos., V. Aguilera., (eds.). Ciencias Naturales y Exactas, Handbook -©ECORFAN- Valle de Santiago, Guanajuato, 2014.

## Abstract

In this paper we focus attention on risk-sensitive Markov decision chains. We are interested in characterizations of policies maximizing growth rate expected utility. In contrast to the existing literature, the problem is handled using methods of nonnegative matrices.

## 24 Introducción

El trabajo está relacionado con Procesos de Decisión de Markov (PDMs) con espacio de estados finitos. Los PDMs son usados para modelar sistemas que son observados de forma discreta en el tiempo por un controlador en un periodo finito o infinito de tiempo, en el cual el sistema puede presentar una variación en su movimiento. Los PDMs son aplicados en áreas como economía, biología, ingeniería, etc.

Los PDMs se encuentran caracterizados por un modelo conocido como Modelo de Control de Markov (MCM), cuyas componentes permiten describir su desarrollo en el transcurso del tiempo. La evolución de un PDM está dado de acuerdo al siguiente procedimiento. Sea  $x_t = x \in \mathcal{S}$  un estado al tiempo  $t = 0, 1, \dots$  y  $a_t = a \in \mathcal{A}(x)$  la acción (control) elegida en ese tiempo, entonces el sistema transita del estado  $x$  al estado  $x_{t+1} = y \in \mathcal{S}$  con probabilidad  $P(y|x, a)$ , obteniendo una recompensa  $r(x, a)$ . Una vez que la transición al siguiente estado ha ocurrido, una nueva acción es elegida y, el proceso es repetido.

A la sucesión de controles que el proceso genera se le conocerá como política. Para evaluar la calidad de cada política se contará con un criterio de rendimiento que medirá la eficiencia de las políticas en función de los costos o recompensas que generan. En el presente trabajo se considera el criterio promedio.

Así, el Problema de Control Óptimo (PCO) consiste en encontrar una política que optimice el criterio de rendimiento. A la política que optimiza el criterio de rendimiento se le llama política óptima y, al criterio de rendimiento evaluado en tal política óptima se le conoce como la función de valores óptimos.

Una manera de resolver el PCO es mediante la técnica conocida como Programación Dinámica (PD) iniciada a mediados de los años 50's por Richard E. Bellman (véase Bellman (1950)). El principio de Programación Dinámica permite resolver problemas en los que es necesario tomar decisiones en etapas sucesivas que condicionan la evolución futura del sistema, afectando a las situaciones en las que el sistema se encontrará en el futuro (estados), y a las decisiones (acciones) que se plantearán; todo esto se lleva a cabo mediante la Ecuación de Optimalidad de Bellman (EO), la cual permite establecer una forma recursiva que permite resolver el problema a tratar.

Además se supondrá que el controlador es sensible al riesgo. Que el controlador sea sensible al riesgo significa que la ganancia obtenida por el proceso de decisión es evaluada por una función de utilidad, la cual es una función creciente y dependiente de  $g$ .

Algunos de los trabajos donde se estudia el caso de PDMs dotados con un criterio de rendimiento sensible al riesgo son: Howard and Matheson (1972) donde se estudian modelos finitos y se usa la teoría de Perron Frobenius para establecer la existencia de una solución. En Cavazos-Cadena and Fernández-Gaucherand (2002) se da una aproximación diferente usando el criterio de costo total sensible al riesgo.

En Di Masi and Stettner (1999) se usa un costo descontado. Finalmente, en Sladky (2008) se caracteriza una función de costo óptima sensible al riesgo mediante la teoría de Perron Frobenius.

Así, a diferencia de la literatura existente acerca de este tema donde es usada la ecuación de optimalidad para determinar a la solución óptima, en este trabajo dicha función será determinada mediante la teoría de matrices no negativas.

Finalmente, se presenta un problema donde se determina la función de valor óptimo mediante el uso de la teoría dada en el trabajo de Sladky.

## 24.1 Método

### Procesos de Decisión de Markov sensibles al riesgo

Sea  $(\mathcal{S}, A, \{A(x) | x \in \mathcal{S}\}, R, P)$  un modelo de control de Markov donde  $\mathcal{S}$  y  $A$  son conjuntos finitos, llamados el espacio de estados y acciones, respectivamente. Para cada  $x \in \mathcal{S}$ ,  $A(x)$  es el conjunto de acciones admisibles al estado  $x$ ; se define a la clase de parejas admisibles por  $\mathbb{K} := \{(x, a) | x \in \mathcal{S}, a \in A(x)\}$ . La siguiente componente, es la función de recompensa,  $R \in \mathcal{B}(\mathbb{K})$ , donde  $\mathcal{B}(\mathbb{K})$  es el espacio de funciones real valuadas y  $P = [p_{xy}(\cdot)]$  es la ley de transición.

El modelo anterior es interpretado como sigue: Sea  $x_t = x \in \mathcal{S}$  un estado al tiempo  $t=0,1,\dots$  y  $a_t = a \in A(x)$  la acción (control) elegida en ese tiempo, entonces el sistema se traslada del estado  $x$  al estado  $x_{t+1} = y \in \mathcal{S}$  con probabilidad  $p_{xy}(a)$  obteniendo una recompensa  $R(x, a)$ .

Para cada  $t \in \mathbb{N}$ , el espacio  $\mathbb{H}_t$  de historias hasta el tiempo  $t$  es dado por  $\mathbb{H}_0 := \mathcal{S}$  y  $\mathbb{H}_t := \mathbb{H}_{t-1} \times \mathbb{K}$ ,  $t \geq 1$ . Un elemento de  $\mathbb{H}_t$  es denotado por  $h_t = (x_0, a_0, \dots, x_t)$ . Una política  $\rho = (f^0, f^1, \dots)$  es una sucesión de vectores de decisión  $\{f^n, n = 0, 1, \dots\}$  donde  $f^n \in \mathbb{F}$  con  $\mathbb{F} = \prod_{i=1}^N A(i)$  para cada  $n = 0, 1, \dots$  y  $f_i^n \in A(i)$  es la decisión (o acción) elegida en la  $n$ -ésima transición si la cadena se encuentra en el estado  $i$ .

La clase de todas las políticas es denotada por  $\mathcal{P}$ . Dada una política  $\pi \in \mathcal{P}$  y un estado inicial  $X_0 = x \in \mathcal{S}$  la distribución del proceso  $\{(X_t, A_t)\}$  está determinada de manera única; tal distribución será denotada por  $P_x^\pi$ , mientras que la esperanza con respecto a tal distribución será denotada por  $E_x^\pi$ .

Para cada  $g \in \mathbb{R}$  la función de utilidad correspondiente es la función  $u^g : \mathcal{S} \rightarrow \mathbb{R}$  especificada como sigue: para cada  $x \in \mathcal{S}$

$$u^g(x) = \begin{cases} \text{sign}(g) e^{gx}, & g \neq 0 \\ x, & g = 0. \end{cases} \quad (24)$$

Se tiene que  $U^g(x)$  es continua, estrictamente creciente y convexa (respectivamente, cóncava) para  $g > 0$ , el caso propenso al riesgo (respectivamente,  $g < 0$ , el caso averso al riesgo). En el caso de  $g = 0$  la función de utilidad será neutral al riesgo.

Suponga que la cadena comienza en el estado  $X_0 = i$  y se sigue la política  $\rho = (f^n)$ , entonces la utilidad esperada en las  $n$  siguientes transiciones esta dada por:

$$\bar{U}_i^g(g, 0, n) := (\text{sign } g) U_i^g(g, 0, n), \quad (24.1)$$

Donde

$$U_i^g(g, 0, n) := E_i^g \left[ \exp \left( g \sum_{k=0}^{n-1} R(X_k, f_{X_k}^k) \right) \right] > 0. \quad (24.2)$$

Similarmente, para  $m < n$  si el estado inicial es  $X_m = i$ , escribimos

$$U_i^g(g, m, n) := E_i^g \left[ \exp \left( g \sum_{k=m}^{n-1} R(X_k, f_{X_k}^k) \right) \right]. \quad (24.3)$$

además, sea  $G_i^g(g) \hat{=} \square^+$  la *tasa de crecimiento* de  $U_i^g(g, 0, n)$  dada implícitamente por  $a_1 (G_i^g(g))^n \hat{=} U_i^g(g, 0, n) \hat{=} a_2 (G_i^g(g))^n$

$$(24.4)$$

donde  $a_2 > a_1 > 0$  son números reales.

Además, si  $g \neq 0$  para la certeza equivalente asociado, digamos  $Z_i^g(g, 0, n)$ , definida

implícitamente por  $U^g(Z_i^g(g, 0, n)) := E_i^g \left( U^g \left( \sum_{k=0}^{n-1} R(X_k, A_k) \right) \right)$ , y para su valor asintótico, digamos

$J_i^g(g, 0)$ , tenemos

$$Z_i^g(g, 0, n) = \frac{1}{g} \ln \left\{ E_i^g \left[ \exp \left( g \sum_{k=0}^{n-1} R(X_k, A_k) \right) \right] \right\} \quad (24.5)$$

$$J_i^g(g, 0) = \limsup_{n \rightarrow \infty} \frac{1}{n} Z_i^g(g, 0, n).$$

El símbolo  $I$  representará a la matriz identidad y  $e$  al vector (columna) unidad. Además, para cualquier  $f \in \mathbb{F}$ , sea

$$Q^{(g)}(f) = [q_{ij}^{(g)}(f_i)] \quad (24.6)$$

una matriz  $N \times N$  no negativa con elementos

$$q_{ij}^{(g)}(f_i) := p_{ij}(f_i) \exp(g R_{ij}(f_i)). \quad (24.7)$$

Así, se tiene que

$$U_i^p(g, 0, n) = \hat{a} \underset{j \in S}{q_{ij}^{(g)}}(f_i^0) \times U_j^p(g, 1, n) \quad (24.8)$$

con  $U_i^p(g, n, n) = 1$ , o en notación vector

$$U^p(g, 0, n) = Q^{(g)}(f^0) \times U^p(g, 1, n) \quad (24.9)$$

$$\text{con } U^p(g, n, n) = e \quad (24.10)$$

En particular, la política  $\hat{\rho}^{(n)} = (\hat{f}^{(k,n)})$  maximizando a  $U^p(g, 0, n)$ , es decir

$U^{\hat{\rho}}(g, 0, n) = \max_{\rho} U^p(g, 0, n)$  debe cumplir la siguiente ecuación de Programación Dinámica

$$\begin{aligned} U^{\hat{\rho}}(\gamma, k, n) &= \max_{f \in \mathbb{F}} \{Q^{(\gamma)}(f) U^{\hat{\rho}}(\gamma, k+1, n)\} \\ &=: Q^{(\gamma)}(\hat{f}^{(k,n)}) U^{\hat{\rho}}(\gamma, k+1, n) \end{aligned} \quad (24.11)$$

para  $k = 0, 1, \dots, n-1$  y

$$\begin{aligned} U^{\hat{\rho}}(\gamma, n-1, n) &= \max_{f \in \mathbb{F}} \{Q^{(\gamma)}(f) \cdot e\} \\ &=: Q^{(\gamma)}(\hat{f}^{(n-1,n)}) \cdot e. \end{aligned} \quad (24.12)$$

Ya que  $Q^{(g)}(f)$  es una matriz no negativa, por el teorema de Perron-Frobenius el radio espectral  $r^{(g)}(f)$  de  $Q^{(g)}(f)$  es igual al máximo valor propio positivo de  $Q^{(g)}(f)$  y los correspondientes vectores propios izquierdo (fila) y derecho (columna), digamos  $y^{(g)}(f)$ ,  $x^{(g)}(f)$ , (llamados vectores propios de Perron) pueden ser elegidos no negativos.

Además, bajo la condición de que  $x^{(g)}(f) > 0$  para cada  $f \in \mathbb{F}$ , se tiene que existe un vector de decisión  $\hat{f} \in \mathbb{F}$  tal que  $\hat{r}^{(g)} \circ r^{(g)}(\hat{f})$  es el máximo vector propio posible de  $Q^{(g)}(f)$  sobre toda  $f \in \mathbb{F}$  y

$$\begin{aligned} Q^{(\gamma)}(f) x^{(\gamma)}(f) &\leq \max_{f \in \mathbb{F}} \{Q^{(\gamma)}(f) x^{(\gamma)}(\hat{f})\} \\ &= Q^{(\gamma)}(\hat{f}) x^{(\gamma)}(\hat{f}) = \rho^{(\gamma)}(\hat{f}) x^{(\gamma)}(\hat{f}). \end{aligned} \quad (24.13)$$

Así, obtenemos lo siguiente

**Suposición 1.** Existen  $\hat{r}^{(g)} \circ r^{(g)}(\hat{f})$  y  $\hat{x}^{(g)} \circ x^{(g)}(\hat{f}) > 0$  (único salvo la adición de una constante) tales que (para un valor dado del coeficiente de aversión al riesgo

$$g) \hat{\rho}^{(\gamma)} \hat{x}^{(\gamma)} = \max_{f \in \mathbb{F}} \{Q^{(\gamma)}(f) \cdot \hat{x}^{(\gamma)}\} = Q^{(\gamma)}(\hat{f}) \cdot \hat{x}^{(\gamma)}. \quad (24.14)$$

**Suposición 2.** Para cada  $f \in \mathbb{F}$  la matriz de transición  $P(f)$  tiene una única clase recurrente.

**Teorema 1.** Si la Suposición 1 es válida, entonces para un  $g$  dado existen números  $a_2^{(g)} > a_1^{(g)} > 0$  tales que

$$a_1^{(g)} \times \mathbf{x}^{(g)}(\hat{f}) \in \left( \hat{r}^{(g)} \right)^{-n} \prod_{k=0}^{n-1} Q^{(g)}(f^k) \times \mathbf{e} \in a_2^{(g)} \times \mathbf{x}^{(g)}(\hat{f}), \quad (24.15)$$

para cualquier política  $\rho = (f^k)$  maximizando el crecimiento de  $U^\rho(g, n)$  para  $n = 0, 1, \dots$ .

Además, la desigualdad anterior es también válida para la política estacionaria  $\hat{\pi} \sim (\hat{f})$ .

**Demostración.** Si la Suposición 1 es válida (con  $\mathbf{x}^{(g)}(f)$  no necesariamente estrictamente positivo para cada  $f \in \mathbb{F}$ ), podemos elegir  $\mathbf{x}^{(g)}(\hat{f}) > 0$  tal que  $\mathbf{x}^{(g)}(\hat{f}) \geq \mathbf{e}$  o  $\mathbf{x}^{(g)}(\hat{f}) \in \mathbf{e}$ . Se tiene que iterando (1) podemos concluir que para  $\mathbf{x}^{(g)}(\hat{f}) \geq \mathbf{e}$  y cualquier política  $\rho = (f^k)$ ,

$$\begin{aligned} \prod_{k=0}^{n-1} Q^{(g)}(f^k) \mathbf{e} &\in \prod_{k=0}^{n-1} Q^{(g)}(f^k) \mathbf{x}^{(g)}(\hat{f}) \\ &\in \left( Q^{(g)}(\hat{f}) \right)^n \mathbf{x}^{(g)}(\hat{f}) \\ &= \left( \hat{r}^{(g)} \right)^n \mathbf{x}^{(g)}(\hat{f}) \end{aligned} \quad (24.16)$$

y por lo tanto el comportamiento asintótico de  $U^\rho(g, n)$  depende fuertemente de  $r^{(g)}(\hat{f})$  o  $\hat{r}^{(g)}$ , y los elementos de  $\prod_{k=0}^{n-1} Q^{(g)}(f^k) \mathbf{x}^{(g)}(\hat{f})$  deben ser acotados superiormente por  $\left( \hat{r}^{(g)} \right)^n \mathbf{x}^{(g)}(\hat{f})$ .

Similarmente, si elegimos  $\mathbf{x}^{(g)}(\hat{f}) \in \mathbf{e}$  de (0) y (1), se tiene que para cualquier política  $\hat{\rho}^{(n)} = (\hat{f}^{(k,n)})$  maximizando a  $U^\rho(g, n)$ :

$$\begin{aligned} \prod_{k=0}^{n-1} Q^{(g)}(\hat{f}^{(k,n)}) \mathbf{e} &\geq \prod_{k=0}^{n-1} Q^{(g)}(\hat{f}) \mathbf{e} \\ &\geq \left( Q^{(g)}(\hat{f}) \right)^n \mathbf{x}^{(g)}(\hat{f}) \\ &= \left( \hat{r}^{(g)} \right)^n \mathbf{x}^{(g)}(\hat{f}) \end{aligned} \quad (24.17)$$

Por lo tanto, el crecimiento de  $U^\rho(g, n)$  si la política que maximiza a  $U^\rho(g, n)$  es seguida, está acotado por  $\left( \hat{r}^{(g)} \right)^n \mathbf{x}^{(g)}(\hat{f})$ .

Así, de (2) y (3) se tiene la conclusión deseada.

**Corolario 1.** Bajo la Suposición 1, si la política  $\rho = (f^n)$  que minimiza  $U^\rho(g, n)$  es seguida, la tasa de crecimiento de cada elemento de  $U^\rho(g, n) = \prod_{k=0}^{n-1} Q^{(g)}(f^k) \times e$  es igual a  $\hat{r}^{(g)}$ . Denotamos los elementos de  $x^{(g)}(\hat{f}) > 0$  por  $x_j^{(g)}(f) > 0$  para  $j = 1, \dots, N$  y los elementos de la matriz  $N \times N$ ,  $Q^{(g)}(f)$  por  $q_{ij}^{(g)}(f)$ , para  $g(f) := g^{-1} \ln(r^{(g)}(f))$ ,  $w_j(f) := g^{-1} \ln(x_j^{(g)}(f))$  con  $j = 1, \dots, N$ , entonces (1) y la ecuación dada en la Suposición 1 pueden ser escritas como el siguiente conjunto de ecuaciones (no-lineales)

$$e^{g(g(\hat{f}) + w_i(\hat{f}))} = \max_{a \in A(i)} \left\{ \sum_{j \in S} p_{ij}(a) e^{g(r_{ij}(a) + w_j(\hat{f}))} \right\} \quad (24.18)$$

para  $i = 1, 2, \dots, N$ , la cual es llamada la ecuación de optimalidad de  $g$  - recompensa promedio. En forma multiplicativa la ecuación anterior se escribe como

$$r^{(g)}(\hat{f}) x_i^{(g)}(\hat{f}) = \max_{a \in A(i)} \left\{ \sum_{j \in S} p_{ij}(a) e^{g r_{ij}(a)} x_j^{(g)}(\hat{f}) \right\} \quad (24.19)$$

para  $i = 1, 2, \dots, N$ .

Observe que la solución a (4), respectivamente (5), es decir  $g(\hat{f})$ ,  $w_i(\hat{f})$ , respectivamente  $r^{(g)}(\hat{f})$ ,  $x_i^{(g)}(\hat{f})$  es única salvo la adición de constantes (añadidos a  $w_i(\hat{f})$ ), respectivamente constantes multiplicativas aplicadas a  $x_i^{(g)}(\hat{f})$ .

Usando lo anterior, el Corolario 1 puede ser reformulado como

**Teorema 2.** Si la Suposición 1 es válida, entonces para cualquier política  $\rho = (f^n)$  el valor asintótico medio óptimo  $J_i^\rho(g, 0)$  es acotado inferiormente por  $g(\hat{f}) := g^{-1} \ln(r^{(g)}(\hat{f}))$ . Además, si la política estacionaria  $\hat{\pi} \sim (\hat{f})$  lleva al valor mínimo de  $J_i^\rho(g, 0)$  el cual es independiente del estado inicial  $i \in S$  y es igual a  $g(\hat{f}) := g^{-1} \ln(r^{(g)}(\hat{f}))$ .

## 24.2 Resultado

A continuación se presenta un ejemplo donde se muestra la teoría anteriormente descrita. En tal ejemplo se considera un modelo no controlado.

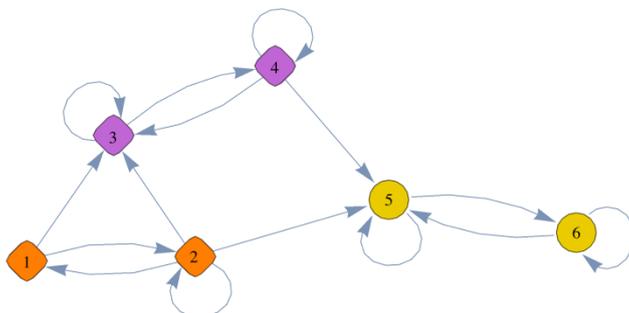
Considere un sistema no controlado, donde se cuenta con 6 estados y cuyas matrices de transición, P y de recompensa R, están dadas por

$$P = \begin{pmatrix} 0 & \frac{3}{5} & \frac{2}{5} & 0 & 0 & 0 \\ \frac{1}{6} & \frac{1}{3} & \frac{1}{6} & 0 & \frac{1}{3} & 0 \\ 0 & 0 & \frac{3}{7} & \frac{4}{7} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1}{4} & \frac{1}{2} & \frac{1}{4} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{1}{2} & \frac{1}{2} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{1}{2} & \frac{1}{2} \end{pmatrix} \quad (24.20)$$

y,

$$R = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 2 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 \end{pmatrix}. \quad (24.21)$$

La siguiente gráfica representa la clasificación de los estados de la cadena



Se puede observar que la cadena cuenta con una sola clase recurrente,  $P_{(R)}$  dada por los estados  $\{5,6\}$  y dos clases de estados recurrentes,  $P_{(T_1)}$  y  $P_{(T_2)}$ , dadas por los estados  $\{1,2\}$  y  $\{3,4\}$  respectivamente. La matriz  $Q^{(g)}$  es dada a continuación:

$$Q^{(g)} = \begin{pmatrix} 0 & \frac{3}{5}e^g & \frac{2}{5} & 0 & 0 & 0 \\ \frac{1}{6}e^g & \frac{1}{3}e^g & \frac{1}{6} & 0 & \frac{1}{3}e^g & 0 \\ 0 & 0 & \frac{3}{7} & \frac{4}{7} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1}{4} & \frac{1}{2} & \frac{1}{4} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{1}{2} & \frac{1}{2}e^g \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{1}{2}e^g & \frac{1}{2} \end{pmatrix} \quad (24.22)$$

y, se tiene que

$$Q_{T_1}^{(g)} = \begin{pmatrix} 0 & \frac{3}{5}e^g \\ \frac{1}{6}e^g & \frac{1}{3}e^g \end{pmatrix} \quad (24.23)$$

$$Q_{T_2}^{(g)} = \begin{pmatrix} \frac{3}{7} & \frac{4}{7} \\ \frac{1}{4} & \frac{1}{2} \end{pmatrix} \quad (24.24)$$

y, finalmente

$$Q_R^{(g)} = \begin{pmatrix} \frac{1}{2} & \frac{1}{2}e^g \\ \frac{1}{2}e^g & \frac{1}{2} \end{pmatrix}. \quad (24.25)$$

A continuación, se dan los radios espectrales de las matrices anteriores. Para la clase recurrente dada por los estados 5 y 6, se tiene que  $r_R^{(g)} = 0.5 + 0.5e^g$ ; el radio espectral para la clase transitoria formada por los estados 1 y 2 es igual  $r_{T_1}^{(g)} = 0.52e^g$ . Finalmente, el radio espectral de la clase transitoria dada por los estados 3 y 4 es  $r_{T_2}^{(g)} = 0.843$ . Luego  $r_{T_1}^{(g)} = r_{T_2}^{(g)}$  para  $g = 0.476$ ;  $r_{T_1}^{(g)} = r_R^{(g)}$  para  $g = 3.03$ ;  $r_{T_2}^{(g)} = r_R^{(g)}$  para  $g = -0.374$ . Luego, Si  $g < -0.374$  entonces  $r_{T_2}^{(g)} > r_R^{(g)} > r_{T_1}^{(g)}$  y  $r^{(g)} = r_{T_2}^{(g)} = 0.8439$ . Si  $g \hat{\in} (-0.374, 0.476)$  entonces  $r_R^{(g)} > r_{T_2}^{(g)} > r_{T_1}^{(g)}$  y  $r^{(g)} = r_R^{(g)} = 0.5 + 0.5e^g$ . Si  $g \hat{\in} (0.476, 3.03)$  entonces  $r_R^{(g)} > r_{T_1}^{(g)} > r_{T_2}^{(g)}$  y  $r^{(g)} = r_R^{(g)} = 0.5 + 0.5e^g$ . Si  $g > 3.03$  entonces  $r_{T_1}^{(g)} > r_R^{(g)} > r_{T_2}^{(g)}$  y  $r^{(g)} = r_{T_1}^{(g)} = 0.52e^g$ .

Por lo tanto, la tasa de crecimiento y la función de valor óptimo están dadas de la siguiente manera:

Si  $g < -0.37$  entonces la tasa de crecimiento  $G_i^g = 0.5 + 0.5e^g$  y la función de valor óptimo es  $J_i^g = g^{-1} \ln(0.5 + 0.5e^g)$  sin importar el estado inicial.

Si  $g \hat{\in} (-0.37, 0.47)$  entonces la tasa de crecimiento  $G_i^g = 0.5 + 0.5e^g$  y la función de valor óptimo es  $J_i^g = g^{-1} \ln(0.5 + 0.5e^g)$  sin importar el estado inicial.

Si  $g \hat{\in} (0.47, 3.03)$  entonces la tasa de crecimiento  $G_i^g = 0.5 + 0.5e^g$  y la función de valor óptimo es  $J_i^g = g^{-1} \ln(0.5 + 0.5e^g)$  sin importar el estado inicial.

Si  $g > 3.03$  entonces  $G_i^g = 0.52e^g$  cuando  $i=1,2$  y  $J_i^g = g^{-1} \ln(0.52e^g)$  mientras que  $G_i^g = 0.5 + 0.5e^g$  si  $i=3,4,5,6$  y  $J_i^g = g^{-1} \ln(0.5 + 0.5e^g)$ .

A continuación se presentan los vectores propios de Perron,

Si  $g < -0.374$  entonces

$$\mathbf{x}^{(g)} = \left( \frac{-4(682.6852 - 67.4110e^g)}{588e^{2g} + 1654.1e^g - 4187.9}, \frac{9.6301(56e^g + 118.1507)}{588e^{2g} + 1654.1e^g - 4187.9}, 1.3757, 1, 0, 0 \right)^T \quad \text{el cual no es}$$

estrictamente positivo.

Si  $g \hat{\in} (-0.37, 0.47)$  entonces

$$\mathbf{x}^{(g)} = \left( \frac{4(3e^{3g} - 2e^{2g} + 21e^{4g} + 12e^g)}{(20e^g - e^{2g} + 15)(7e^{2g} + e^g - 4)}, \frac{2e^g(40e^{2g} + 35e^{3g} + 3e^g - 10)}{(20e^g - e^{2g} + 15)(7e^{2g} + e^g - 4)}, \frac{4e^g}{(7e^{2g} + e^g - 4)}, \frac{e^g(7e^g + 1)}{(14e^{2g} + 2e^g - 8)}, 1, 1 \right)^T \quad (24.26)$$

el cual es estrictamente positivo.

Si  $g \hat{\in} (0.476, 3.03)$  entonces

$$\mathbf{x}^{(g)} = \left( \frac{4(3e^{3g} - 2e^{2g} + 21e^{4g} + 12e^g)}{(20e^g - e^{2g} + 15)(7e^{2g} + e^g - 4)}, \frac{2e^g(40e^{2g} + 35e^{3g} + 3e^g - 10)}{(20e^g - e^{2g} + 15)(7e^{2g} + e^g - 4)}, \frac{4e^g}{(7e^{2g} + e^g - 4)}, \frac{e^g(7e^g + 1)}{(14e^{2g} + 2e^g - 8)}, 1, 1 \right)^T \quad (24.27)$$

el cual es estrictamente positivo.

Si  $g > 3.03$  entonces  $\mathbf{x}^{(g)} = (1.1448, 1, 0, 0, 0, 0)^T$  el cual es estrictamente positivo.

El siguiente es el algoritmo propuesto para determinar a la política óptima:

1. Seleccionar una matriz  $\mathbf{Q}^{(g)}(\mathbf{f}^{(0)})$  con  $\mathbf{f}^{(0)} \in \mathbb{F}$  tal que la suma por filas sea mínima, es decir, se tiene que  $\mathbf{Q}^{(g)}(\mathbf{f}^{(0)}) \times \mathbf{e} \in \mathbf{Q}^{(g)}(\mathbf{f}) \times \mathbf{e}$  para cualquier  $\mathbf{f} \in \mathbb{F}$ .
2. Para la matriz  $\mathbf{Q}^{(g)}(\mathbf{f}^{(k)})$  con  $\mathbf{f}^{(k)} \in \mathbb{F}$ ,  $k = 0, 1, \dots$  calculamos su radio espectral  $r(\mathbf{f}^{(k)})$  junto con su vector propio  $\mathbf{x}(\mathbf{f}^{(k)})$ .
3. Se construye (si es posible) la matriz  $\mathbf{Q}^{(g)}(\mathbf{f}^{(k+1)})$  con  $\mathbf{f}^{(k+1)} \in \mathbb{F}$ , tal que

$$\mathbf{Q}^{(g)}(\mathbf{f}^{(k+1)}) \times \mathbf{x}(\mathbf{f}^{(k)}) < r(\mathbf{f}^{(k)}) \times \mathbf{x}(\mathbf{f}^{(k)}) = \mathbf{Q}^{(g)}(\mathbf{f}^{(k)}) \times \mathbf{x}(\mathbf{f}^{(k)}). \quad (24.28)$$

4. Si tal matriz  $\mathbf{Q}^{(g)}(\mathbf{f}^{(k+1)})$  existe, entonces hacemos  $\mathbf{Q}^{(g)}(\mathbf{f}^{(k+1)}) = \mathbf{Q}^{(g)}(\mathbf{f}^{(k)})$  y repetimos el paso 2, de otra manera  $\hat{\mathbf{Q}}^{(g)} := \mathbf{Q}^{(g)}(\mathbf{f}^{(k)})$ ,  $\hat{\mathbf{f}} := \mathbf{f}^{(k)}$  y terminamos.

### 24.3 Conclusiones

Se estudio la teoría de procesos de decisión de Markov sensibles al riesgo y se caracterizó a la solución óptima por medio de matrices no negativas y sus valores propios, se da un ejemplo donde se muestra la aplicación de la teoría desarrollada.

Se presenta un algoritmo de iteración para determinar la política óptima, sin embargo el ejemplo presentado es no controlado. Así un posible trabajo futuro sería dar un ejemplo controlado.

#### 24.4 Referencias

Bellman R. (1950). *Dynamic Programming*. Dover.

Cavazos-Cadena R. & Montes-de-Oca R. (2003). The value iteration algorithm in risk-sensitive average Markov decision chains with finite state space. *Math. Oper. Res.*, 57, 752-756.

Gantmakher, F. R. (1959). *The Theory of Matrices*. Chelsea, London.

Howard R. A. & Matheson J. (1972). Risk-sensitive Markov decision processes. *Manag. Sci.* 23, 356-369.

Sladky, K. (2008). Growth rates and average optimality in risk-sensitive Markov decision chains. *Kybernetika*, 44, 205–226.

## **Perfil antropométrico de dos equipos universitarios de balonmano femenino**

Ricardo López, Germán Hernández, Blanca Rangel, Jeanette López y Isela Ramos

R. López, G. Hernández, B. Rangel, J. López, I. Ramos  
Facultad de Organización Deportiva, Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, México.  
Ciudad Universitaria C.P. 66451  
San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México.  
Tels. (81) 1340 4450, 1340 4451 Ext. 7634, 7633 /Fax: 7640  
ricardo.lopez@uanl.mx

M. Ramos., V. Aguilera., (eds.). Ciencias Naturales y Exactas, Handbook -©ECORFAN- Valle de Santiago, Guanajuato, 2014.

## Abstract

An important aspect of working in sports nutrition is the weight change and body composition. Many athletes need to minimize body fat and weight to improve the biomechanics aspects or increase muscle mass to improve performance. For this reason, the aim of our study was to determine the anthropometric profile of handball players of two college teams. They we made 17 basic anthropometric measurements to both teams. Team 1 obtained a mesomorphic-endomorphic phenotype and Team 2 obtained an endomorphic-mesomorphic phenotype. The mesomorphic component is predominant in both teams; therefore, it can be assumed that the skeletal muscle strength in female handball is decisive.

## 25 Introducción

A lo largo de los años y décadas se ha observado un aumento del tamaño y de la corpulencia de los jugadores de balonmano. Esta tendencia ha sido atribuida especialmente a las mejoras en la condición de vida, nutrición, control de infecciones, y globalización del juego del balonmano (Norton, 2001).

Las características antropométricas parece que son esenciales para poder jugar la disciplina del balonmano. Por ejemplo, la talla media estándar de las mujeres jugadoras de balonmano, es cercana a 170-175 cm, mientras que el peso corporal medio de las jugadoras es cercano a 66 kg (Fairchild, Armstrong, Rao, Liu, & Lawrence, 2003).

Las diferencias antropométricas pueden ser el resultado de la selección natural y las decisiones de algunos entrenadores. Las exigencias antropométricas requeridas por los jugadores de balonmano de alto nivel son parcialmente específicas para cada posición de juego y, para cualquier deportista, pueden depender de las habilidades técnicas y de las características antropométricas del resto de los miembros del equipo (Smith, 1998).

Diferentes estudios han mostrado que en el balonmano las características antropométricas más importantes son: altura, peso, envergadura, longitud y ancho de la mano, el cual permite una mayor adaptación y dominio del balón, así como la precisión de un lanzamiento (García, Cañadas, & Parejo, 2007). Por otro lado, el peso, la altura y la envergadura permiten una ocupación mayor y manejo del espacio en acciones tanto ofensivas como defensivas (Fernández, Vila, & Rodríguez, 2004).

Dentro de la antropometría en el balonmano encontramos un estudio de Bayios(2006) donde se analizaron los somatotipos, perfiles antropométricos y composición corporal de jugadoras de baloncesto, voleibol y balonmano. Los resultados muestran que las jugadoras de balonmano se caracterizan por ser las más bajas de todas y con el porcentaje más alto en grasa corporal siendo su somatotipo mesomorfo-endomorfo.

Siguiendo por la línea de la antropometría Srhoj, Marinovic y Rogulj (2002) identificaron 5 perfiles antropométricos que corresponden con las posiciones de los jugadores de balonmano en el terreno de juego. En esta línea de investigación, determinaron las características morfológicas de los jugadores sénior. Analizando sus especificidades y las posiciones de juego (primera línea, extremos, pivotes, porteros). Se obtuvo un cuerpo atlético mesomórfico con un marcado esqueleto longitudinal. Los jugadores de segunda línea y los porteros son superiores en términos esqueléticos y de circunferencias. Los extremos y pivotes son menos longitudinales, pero un poco más voluminosos y la mayor cantidad de grasa diferencia los pivotes de otros jugadores.

Hay más homogeneidad entre los perfiles morfológicos de los jugadores de primera línea que los de segunda y porteros. Se abre una nueva vía en este sentido, seleccionando a los jugadores por sus perfiles morfológicos, para que sean compatibles con la especificidad de la posición que ocupen en el campo.

De igual forma en España (Ruiz, 2001) estudiaron la relación entre la somatología de las jugadoras de balonmano y su puesto específico. Los resultados indican que para la posición de portera las medidas son muy heterogéneas, encontrando muchas diferencias entre los extremos y el resto del equipo.

El objetivo de nuestro estudio consistió en determinar el perfil antropométrico de las jugadoras universitarias de balonmano mediante la evaluación antropométrica siguiendo las normas y técnicas recomendadas por la Sociedad Internacional para el Avance de la Cineantropometría (ISAK).

### **25.1 Metodología**

Se evaluaron a 12 jugadoras del equipo representativo de balonmano de la Universidad Autónoma de Nuevo León y 9 jugadoras del Instituto Superior de Educación Normal del Estado de Colima, los cuales fueron participantes y candidatos a la obtención de medalla en la competencia de Universidad Nacional, con un rango de edad de 19 a 26 años de edad ( $M= 21.71$ ,  $DT= 2.05$ ).

Técnica de evaluación de la Composición Corporal a través de la antropométrica: La antropometría se obtendrá siguiendo las normas y técnicas recomendadas por la Sociedad Internacional para el Avance de la Cineantropometría (ISAK). Todos los participantes se les entregarán un consentimiento informado, garantizándose la confidencialidad de los datos. Las mediciones se realizarán en los tiempos establecidos de cara a la preparación para su competencia fundamental. El procedimiento se realizará a primera hora de la mañana en ayunas. Se determinará la estatura a través del tallímetro, y el peso e Índice de Masa Corporal (IMC) utilizando la báscula impedancia bioeléctrica Tanita BC-553. La atleta permanecerá de pie en el centro de la plataforma, con poca ropa con el peso distribuido por igual en ambos pies, los brazos a lo largo del cuerpo con los glúteos y la espalda erguida. Para medir los pliegues antropométricos se utilizará el plicómetro slim guide, tomándose 8 pliegues (bicipital, tricipital, subescapular, cresta iliaca, espina iliaca, abdomen, muslo y pantorrilla), circunferencias utilizando una cinta métrica (cinco perímetros: brazo relajado y contraído, abdomen, cadera y pantorrilla) y para las mediciones de los diámetros (humeral y femoral) se utilizó un antropómetro Rosscraft Tommy 3. Todas las evaluaciones se hicieron por duplicado. Las mediciones fueron realizadas del lado derecho del cuerpo. El error técnico de la medición (ETM) intraobservador se consideró dentro de los límites reportados por el Manual de Referencia para la Estandarización Antropométrica.

Una vez obtenido los valores de las mediciones realizadas se utilizará un programa de antropometría utilizando el método somatotípico de Heath-Carter. Los cuales indican biotipo del individuo: endomórfico, mesomórfico y ectomórfico, Además de arrojar resultados de los 4 compartimentos del cuerpo humano (grasa, músculo, óseo y visceral).

Se utilizó estadística descriptiva para determinar la media y desviación estándar de las variables del estudio, todo ellos mediante el software SPSS V21.

## 25.2 Resultados

Respecto a la composición corporal, se realizaron mediciones antropométricas a ambos equipos (equipo 1 y equipo 2), donde obtuvimos resultados de las mediciones de la edad (años), estatura (cm), peso (kg) e IMC ( $\text{kg}/\text{m}^2$ ) (Tabla 26). Con los cuales se obtuvo la media y desviación estándar de cada variable. Además de los resultados de 4 compartimentos del cuerpo humano (grasa, músculo, óseo y visceral) descritos en porcentaje (Tabla 26.1).

**Tabla 25.** Resultados de variables por equipo.

Equipo	Edad (años)	Estatura (cm)	Peso corporal (kg)	IMC ( $\text{kg}/\text{m}^2$ )
Equipo 1	21.67±1.78	163±0.05	63.60±5.78	23.92±1.71
Equipo 2	21.78±2.49	164±0.04	61.47±5.88	23.03±2.97

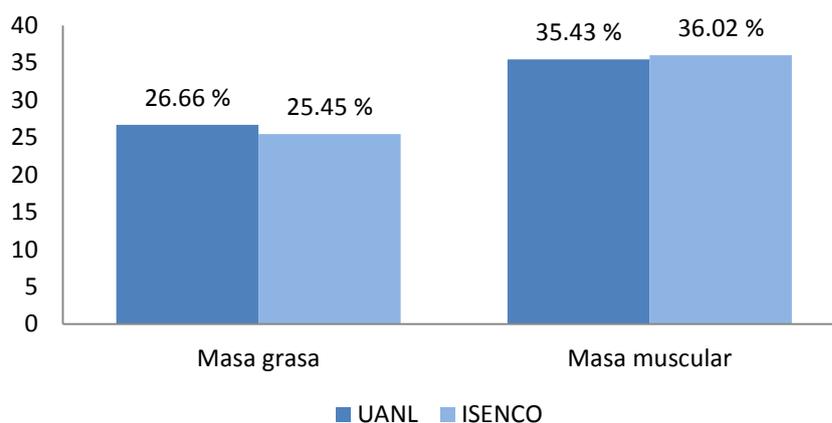
**Tabla 25.1** Resultados de variables por equipo de los cuatro compartimentos de la composición corporal.

Equipo	Masa grasa (%)	Masa muscular (%)	Masa ósea (%)	Masa visceral (%)
Equipo 1	26.66±2.80	35.43±2.31	16.91±1.31	17.52±1.86
Equipo 2	25.45±4.08	36.02±3.20	21.00±0.00	21.00±0.01

### Porcentaje de masa grasa y masa muscular

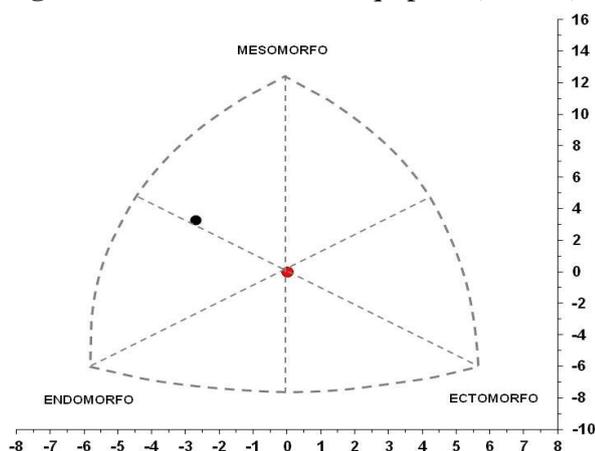
Respecto a las dos variables del porcentaje de masa grasa y porcentaje de masa muscular (figura 1), observamos que ambos equipos presentaron niveles en el porcentaje de masa grasa (1 = 26.66 %) (2 = 25.45 %) dentro de los valores normales (Gallagher, 2000). Por lo que se refiere al porcentaje de masa muscular, los dos equipos obtuvieron valores similares, equipo 1 obtuvo 35.43 % y el equipo 2 obtuvo 36.02 %.

**Figura 25** Masagrasa/masa muscular.

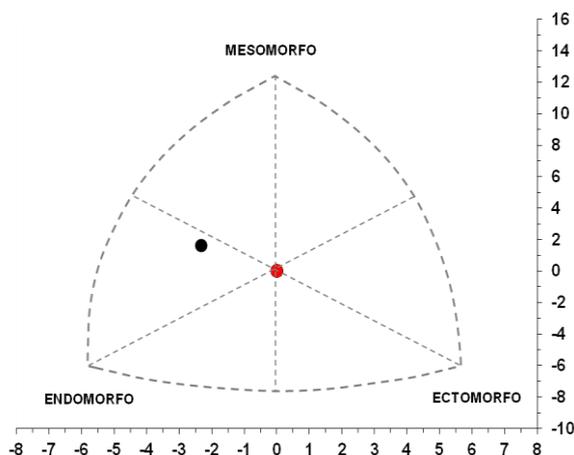


### Somatotipo

En la siguiente somatocarta del equipo 1 (UANL), presentan valores de endomorfo de 4.16, mesomorfo de 4.45 y ectomorfo de 1.45. Obteniendo como resultado de  $X = -2.71$  y  $Y = 3.29$  (Figura 26.1). Esto significa que el somatotipo del equipo 1 es Mesomórfico-Endomórfico.

**Figura 25.1-** Somatocarta Equipo 1 (UANL).

En la somatocarta del equipo 2 (ISENCO), se presentan valores de endomórfico de 4.34, mesomórfico de 3.98 y ectomorfo de 2.01. Obteniendo como resultado de  $X = -2.33$  y  $Y = 1.61$  (Figura 26.2). Esto significa que el somatotipo del equipo 2 es Endomorico-Mesomorfo.

**Figura 25.2** Somatocarta Equipo 2 (ISENCO).

## Discusión

La evaluación de la composición corporal tanto en personas inactivas como personas activas requiere herramientas rápidas, de bajo costo y fáciles de utilizar que brindan una estimación precisa del porcentaje de grasa y por ende el biotipo del sujeto. La razón de la diferencia en los cambios en total de masa corporal y la masa grasa en periodos de entrenamiento son esperados por ser un ejercicio de resistencia requerida y sin requerimiento de mucho peso.

Los valores de estatura del grupo de las jugadoras del equipo 1 y 2 es superior al estudio de Sánchez (2007) realizado a un equipo juvenil (162 cm), muy por debajo del estudio de Hlatky (1993) (175.4 cm), y del grupo de estudio de García, Cañadas & Parejo (2007) donde tiene una muestra de 2 equipos juveniles de 16 años (168 cm) y 18 años (169.93 cm) y 2 equipos sénior de 22 (176.55 cm) y 28 años (174.10 cm). Los valores de estatura del equipo 2 se encuentran próximos a los resultados del estudio de Vila (2007) realizado a una muestra juvenil (166 cm).

El peso corporal de los dos equipos de nuestro estudio son superiores al estudio de Vila (2007), ya que obtuvieron un peso de  $56.6 \pm 5.3$  kg. Compara con los equipos del estudio de García, Cañadas & Parejo (2007), estamos muy abajo de sus valores, ya que los equipos juveniles obtuvieron un peso corporal de  $70.36 \pm 12.13$  en la sub 16 y  $69.26 \pm 9.62$  en la sub 18, y los equipos sénior obtuvieron un peso corporal de  $73,13 \pm 7.77$  los de 22 años y  $68.55 \pm 7.88$  los de 28 años.

La utilidad del IMC es limitada en población de deportistas (Mnosma, 2005), los valores del IMC de ambos equipos se asemejan a los valores de García, Cañadas & Parejo (2007) en el grupo sub 18 ( $23.95 \pm 2.88$  IMC) y los dos equipo de sénior ( $22.58 \pm 1.88$  IMC;  $23.45 \pm 1.92$  IMC), aun destacando que se obtuvieron diferentes valores en el peso corporal y la estatura.

En relación a nuestra población analizada obtuvimos el somatotipo de las jugadoras de ambos equipo con tendencia al mesomórfico-endomórfico. Nuestros valores del somatotipo de los dos equipo son similares al de estudio de Bayios (2006) en jugadoras de balonmano de distintas categorías de la selección nacional de España, donde obtuvieron en la categoría de sub-18 un somatotipo de mesomórfico-endomórfico, excepto para el equipo sub-16, que obtuvieron un somatotipo de meso-endomorfo.

El componente mesomórfico fue predominante en el equipo 1, estos resultados están en consecuencia con los requisitos del balonmano, deporte en el que la robustez músculo-esquelética es importante. La ectomorfia mostró los valores más bajos en los dos equipos. Estos resultados concuerdan con otros estudios realizados en jugadoras de balonmano (Bayios, 2006; Vila, 2007; Fernández, 2006).

### 25.3 Conclusiones

Dentro del deporte es importante tener un trabajo multidisciplinar que mejore la preparación del atleta y de esta forma obtener mejores resultados. Específicamente, la valoración de la composición corporal resulta determinante para el estado nutricional; ya que permite diferenciar los cambios en las reservas corporales de grasa, proteína, agua o masa ósea. Los resultados confirman que hay un prototipo de jugador de balonmano similar en todas las categorías de edad. El componente mesomórfico es predominante; por lo tanto, se puede deducir que la fuerza músculo esquelética en el balonmano femenino es decisivo.

### 25.4 Agradecimientos

Nuestra investigación agradece a la Facultad de Organización Deportiva (FOD) de la Universidad Autónoma de Nuevo León así como Instituto Superior de Educación Normal del Estado de Colima (ISENCO), por las facilidades del uso de equipo e instalaciones de estas dos instituciones. También agradecemos a nuestro cuerpo académico Actividad Física y Deporte de la FOD.

### 25.5 Referencias

- Bayios, I. A. (2006). Anthropometric, body composition and somatotype differences of Greek elite female basketball, volleyball and. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness* , 46(2), 271-280.
- Fairchild, T., Armstrong, A., Rao, A., Liu, H., & Lawrence, S. (2003). Glycogen synthesis in muscle fibers during active. *Med Sci Sports Exerc* .

- Fernández, F., Vila, H., & Rodríguez, F. (2004). Modelo de estudio de la estructura condicional a través de un análisis multivariante enfocado a la detección de talentos en jugadores de balonmano. *Motricidad: Revista de ciencias de la actividad física y del deporte* , 169-185.
- Fernández, S. y. (2006). La producción científica en cineantropometría: datos de referencia de composición corporal y somatotipo . *Archivos de Medicina del Deporte* , 17-35.
- Gallagher. (2000). Interpretación de los resultados, monitor de composición corporal. *American Journal of Clinical Nutrition* .
- García, J., Cañadas, M., & Parejo, I. (2007). Una revisión sobre la detección y selección del talento en balonmano.[A review about talent identification and development in handball]. *E-balonmano.com: Revista de Ciencias del Deporte*, 3(3), 39-46.
- Hlatky, S. y. (1993). Somatic characteristic of top class European womwn handball players. *1st Proceeding of Congress on Sports Medicine and Handball* .
- Mnosma, D. V. (2005). Anthropometry and somatotype of competitive female figure skaters 11-22 years. Variation by competitive level and discipline. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness* , 491-500.
- Norton, K. y. (2001). Morphological evaluation of athletes over the 20th. *Sports Med* , 763-783.
- Ruiz, L. &. (2001). Estudio del somatotipo en jugadoras de balonmano por puestos y categorías. *Medicina de l'esport* , 36(137), 25-32.
- Sanchez, A. D. (2007). Valoración de la coordinación física general de las selecciones extremeñas de balonmano en categorías de formación. *Revista Digital Deportiva* , 9-20.
- Smith, H. K. (1998). Applied physiology of water polo. *Sports Med* , 317-334.
- Srhom, V., Marinović, M., & Rogulj, N. (2002). Position specific morphological characteristics of top-level male handball players. *Collegium antropologicum*, 26(1), 219-227.
- Vila, H. F. (2007). Evolución de la condición física en jugadoras de balonmano en las categorías infantil, cadete y juvenil. *Apunts, Educación Física y Deportes* , 99-106.

**Determinación de la capacidad de adsorción de Pb(II) en solución acuosa por raíces de *Typha latifolia* (Espadaña)**

Candy Carranza, Luis Figueroa, Alejandro Hernández, Diego Hernandez y Nahúm Medellín

C. Carranza, L. Figueroa, A. Hernández, D. Hernandez y N. Medellín  
Unidad Académica Multidisciplinaria Zona Huasteca de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Calle Romualdo del Campo No. 501, Fraccionamiento Rafael Curiel, C.P. 79060 Ciudad Valles, San Luis Potosí., México.  
Centro de Investigación yEstudios de Posgrado, Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de San Luis Potosí San LuisPotosí, 79060, Mexico  
candy.carranza@uaslp.mx

M. Ramos., V.Aguilera., (eds.).Ciencias Naturales y Exactas, Handbook -©ECORFAN- Valle de Santiago, Guanajuato, 2014.

## Abstract

In present study a biomass derived from the root of *Typha latifolia* (cattail) has been investigated to remove Pb (II) from surface water samples. The effects of various parameters viz. pH biosorbent dosage, contact time and temperature on the biosorption processes were systematically studied. Experimental data were modeled by Langmuir and Freundlich isotherms. It was observed that Pb biosorption best fitted to the Freundlich isotherms.

The biomass of *T. latifolia* was found to be effective for the removal of Pb with 95% sorption efficiency at pH 5, and thus uptake capacity is 21.85 mg/g of biomass. The physical characterization of root of *T. latifolia* with scanning electron microscope (SEM) showed that the saturated surface and the root surface without saturating show no significant differences between them, which is composed of elongated, non-porous particles composed of cellulose and linked in turn by lignin. The *T. latifolia* biomass could be used as a low-cost biosorbent for Pb ions removal

## 26 Introducción

El agua es un elemento de la naturaleza, integrante de los ecosistemas naturales, fundamental para el sostenimiento y la reproducción de la vida en el planeta ya que constituye un factor indispensable para el desarrollo de los procesos biológicos que la hacen posible (Monge, 2004). El agua no es sólo un elemento clave para muchos ecosistemas sino la sustancia que sostiene la vida misma. Actualmente, la provisión de agua potable y de saneamiento es un factor significativo en la salud de la población, especialmente entre la infantil. El acceso al agua potable y al saneamiento adecuado son elementos cruciales para la reducción de la mortalidad y morbilidad entre la población menor de cinco años, en la disminución tanto de la incidencia de enfermedades de transmisión hídrica como la hepatitis viral, fiebre tifoidea, cólera, disentería y otras causantes de diarrea, así como posibles afecciones resultantes del consumo de agua con componentes químicos patógenos, tales como arsénico, plomo, cadmio, nitratos o flúor (CNA, 2010).

Para la zona de la Huasteca Potosina, el agua potable y de saneamiento, son muy importantes, por el hecho de existir una estrecha relación entre el hombre y el agua, así como con varios procesos de desarrollo socioeconómicos, que a la fecha dictan la forma de percibir el agua como un don de la naturaleza y como un recurso natural casi no renovable. El agua promueve o desincentiva el crecimiento económico y el desarrollo social de cualquier región. También afecta los patrones de vida y cultura de esta región, por lo que se le reconoce como un agente preponderante en el desarrollo de las comunidades. En este sentido, el crecimiento demográfico y económico, la ausencia histórica de criterios de conservación y aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, el crecimiento de los regímenes de demanda de agua en el ámbito regional y la contaminación del líquido han ocasionado en varios casos, principalmente en las comunidades de esta región, su escasez.

Hoy en día, encontramos que los pozos y ríos, fuentes hídricas principales, se encuentran contaminadas con grandes cantidades de elementos traza como el Pb, Cd, Cu, Zn y Fe (Wong, 2009), convirtiendo a estas aguas como el origen de innumerables malestares y enfermedades tanto para seres humanos como para animales.

Esto ha sido reportado por Dávila y Carranza (2005) en los ríos Coy, Valles y Amajac, donde se encontró que algunas especies de animales acuáticos bioacumulaban elementos pesados como Pb y Cd, ya que se encontraron elevadas concentraciones de estos elementos en el agua.

En este sentido, existen varios procesos que se pueden aplicar para reducir la concentración de elementos traza en el agua como son: osmosis inversa, coagulación química, intercambio iónico sobre resinas poliméricas, precipitación química y floculación, evaporación por técnicas de desalación o destilación de efecto múltiple y adsorción sobre alúmina activada, carbón activado, carbón de hueso, entre otros. La adsorción es un fenómeno superficial que involucra la acumulación o concentración de sustancias en una superficie o interface. El compuesto que se adsorbe se le llama adsorbato y la fase donde ocurre la adsorción se le conoce como adsorbente. Los adsorbentes más usados en orden decreciente son carbón activado, zeolitas, silica gel y alúmina activada, el carbón activado es el adsorbente más usado en el ámbito industrial, en 1974 se aplicó industrialmente por primera vez cuando carbón activado de madera se usó para decolorar jarabes en la industria azucarera en Inglaterra. También se han usado zeolitas naturales como intercambiadores iónicos en la remoción de iones amonio de aguas residuales y potables; de iones de cesio y estroncio de desechos radioactivos; y de metales pesados en aguas residuales industriales. El uso de materiales adsorbentes en diferentes aplicaciones ambientales se ha incrementado considerablemente en los últimos años. La gran mayoría de los adsorbentes actuales tienen capacidades de adsorción muy bajas por compuestos orgánicos no ionizables y sobre todo por aniones, y por esta razón, los adsorbentes actuales no se usan eficientemente en la remoción de estos compuestos en solución acuosa.

Con base en lo anterior es importante y necesario que se desarrollen nuevos materiales adsorbentes para eliminar estos compuestos presentes en solución acuosa (Leyva-Ramos, 2011). Una alternativa es el uso de plantas fitoacumuladoras como *Typha latifolia*. Estudios anteriores han demostrado que *T. latifolia* tiene la capacidad de acumular hasta 37 mg de Pb por Kg de peso (Carranza et al., 2008) y remover 7.5 ppm de Pb del suelo (Alonso et al., 2009). Por ello, el objetivo de este trabajo fue determinar la capacidad de las raíces de *T. latifolia* en la adsorción de Plomo(II) del agua, para proponerla como un biosorbente viable y de bajo costo.

## **26.1 Materiales y métodos**

El trabajo experimental se realizó en las instalaciones del laboratorio de Ciencias Ambientales de la carrera de Bioquímica de la UAMZH, en conjunto con el Laboratorio de Elementos Trazas de la Facultad de Ciencias Químicas y el Laboratorio de Análisis de Aguas Residuales de la Facultad de Ingeniería de la UASLP, en la ciudad de San Luis Potosí, México. Se realizó una investigación de tipo experimental basada en los métodos que a continuación se describen.

### **Método de preparación de la raíz**

Para evaluar la capacidad de la raíz de *Typha latifolia* en la adsorción de Pb(II), se colectaron plantas pequeñas de esta especie vegetal de una laguna temporal ubicada en el municipio de Cd. Valles, San Luis Potosí, México. La preparación de las raíces se sometieron a un proceso que consta de las siguientes etapas: a) obtención de la planta, b) aclimatación y c) tratamiento en el laboratorio.

A continuación se describen cada una de estas etapas:

Se colectaron 20 plantas de *T. latifolia*, mediante una recolección minuciosa de plantas con características similares como altura (entre 30 y 50 cm) y grado de robustez de su raíz y rizoma (entre 10 y 20 cm de largo por 5 cm de ancho).

Una vez colectadas las plantas, se sometieron a un proceso de aclimatación a temperatura ambiente en el vivero de la UAMZH durante 30 días aproximadamente. Durante este proceso de aclimatación, las plantas fueron provistas de nutrientes (K, P, N) y agua suficiente para promover el crecimiento de las raíces.

Una vez culminado el proceso de aclimatación, se seleccionaron plantas con mayor raíz, las plantas se lavaron con abundante agua para eliminar las impurezas, se cortaron las raíces y se volvieron a lavar utilizando agua destilada, después se introdujeron en la estufa para un secado a 70 °C por 72 horas. Posteriormente, se procedió a triturar y pulverizar las raíces con ayuda de un molino analítico. Una vez pulverizada la raíz se lavó exhaustivamente con agua desionizada y se tamizó a un tamaño de partícula promedio de 0.16 mm. Finalmente, la raíz se colocó en papel aluminio y se secó de nuevo en la estufa a 80 °C por 24 horas. El producto vegetal final se empacó y se guardó en un lugar seco y libre de humedad.

### **Caracterización de la raíz de *T. latifolia*. Análisis de la superficie del biosorbente por Microscopía Electrónica de Barrido (MEB)**

La morfología de la superficie de la raíz natural de *T. latifolia* se examinó por medio de un Microscopio Electrónico de Barrido, marca Philips, modelo XL-30-SFEG, equipado con un sistema de microanálisis Link/ISIS-OXFORD de energía dispersa (EDS). Este aditamento permitió realizar un análisis cualitativo elemental de la superficie.

La muestra para el análisis MEB se acondicionó secándola en una estufa a 70°C durante 12 horas para eliminar la humedad. La muestra de raíz se colocó uniformemente sobre una cinta de carbón adherida a un portamuestras de aluminio. Posteriormente, el portamuestras se introdujo a una cámara para recubrirla con una delgada capa de oro volatilizado al vacío, cuyo espesor es del orden de 30 nm. Este recubrimiento es con la finalidad de lograr una óptima calidad de imagen sobre todo a elevadas ampliaciones, ya que este elemento es el de mayor conductividad eléctrica con respecto a otros elementos que se utilizan habitualmente para recubrir muestras, como el carbón.

Luego, el portamuestras se ubicó dentro de la cámara del equipo donde se bombardeó con un haz de electrones de alta energía; las señales emitidas por la muestra se analizaron en diversos detectores. Los detalles de la superficie de la raíz se apreciaron con un detector de electrones secundarios.

Además, el detector de electrones retrodispersos permitió visualizar contrastes de tono gris debido a las diferentes composiciones (por diferencia de números atómicos promedio). Se considera electrones secundarios los emitidos por la muestra con una energía inferior a 50 eV, mientras que los electrones retrodispersos son los que poseen energías desde los 50 eV a la energía de los electrones primarios.

### **Determinación de la concentración de sitios activos**

Los sitios activos de la raíz natural de *T. latifolia* se determinaron por el método de titulación ácido-base propuesto por Boehm (2002). Los sitios ácidos y básicos totales se neutralizaron con soluciones 0.01 N de NaOH y HNO<sub>3</sub>, respectivamente. La determinación de los sitios activos se efectuó agregando 0.5 g del adsorbente a un tubo de centrifuga de 50 mL, el cual contenía 50 mL de la solución neutralizante. El tubo se sumergió parcialmente en un baño a temperatura constante de 25 °C durante siete días hasta que se alcanzó el equilibrio. Durante este período, los tubos de centrifuga con el material adsorbente y la solución neutralizante se mezclaron en un agitador orbital a una velocidad de 250 rpm durante 30 minutos una vez al día. Al transcurrir los siete días, se tomó una alícuota de 40 mL y se tituló con una solución valorada de NaOH o HNO<sub>3</sub> 0.01 N, según fuera el caso. La titulación se llevó a cabo con un titulador automático, marca Mettler, modelo Toledo DL50.

## Método para la obtención de datos experimentales de las isotermas de adsorción de plomo

Los datos experimentales del equilibrio de adsorción se obtuvieron en un adsorbedor de lote prosiguiendo de la manera siguiente. En un matraz volumétrico de 50 mL se preparó una solución de una concentración conocida de Pb(II) a partir de una solución patrón (1000 ppm) y se aforó con una solución amortiguadora (buffer) preparada mezclando soluciones de NaOH y HNO<sub>3</sub>. Se tomó una muestra inicial de 10 mL. Esta muestra se analizó posteriormente para corroborar la concentración inicial. Al adsorbedor de lote, se le agregó una cierta masa de raíz y 40 mL de la solución de concentración inicial conocida del metal.

El adsorbedor se introdujo en un baño de temperatura constante, y la raíz y la solución se dejaron en contacto hasta que se alcanzó el equilibrio. En experimentos previos se encontró que 7 días fue tiempo suficiente para lograr el equilibrio. Una vez al día, los adsorbedores se mezclaron en un agitador orbital a 250 rpm por 30 minutos. El pH de la solución se midió periódicamente con un potenciómetro y se mantuvo constante adicionando gotas de soluciones 0.01, 0.1 y 1 N de HNO<sub>3</sub> y NaOH, según fuera necesario.

Los volúmenes de estas soluciones se registraron para calcular el volumen total final de la solución. Una vez que se alcanzó el equilibrio, se tomó una muestra (10 mL) y se analizó para determinar la concentración final de la solución. La masa de Pb(II) adsorbido sobre la raíz se calculó por medio de un balance de masa que se representa matemáticamente de la manera siguiente:

$$q = \frac{V}{m} (C_0 - C_e) \quad (26)$$

Dónde:

Q = Masa de Pb<sup>2+</sup> absorbido por unidad de masa de raíz, mg/g

V = Volumen de la solución de Pb<sup>2+</sup>, L

M = Masa de la raíz, g

C<sub>0</sub> = Concentración inicial de Pb<sup>2+</sup>, mg/L

C<sub>e</sub> = Concentración de Pb<sup>2+</sup> al equilibrio, mg/L

## 26.2 Resultados y discusión

Caracterización de la raíz de *Typha latifolia*. Análisis de la superficie del biosorbente por Microscopia Electrónica de Barrido

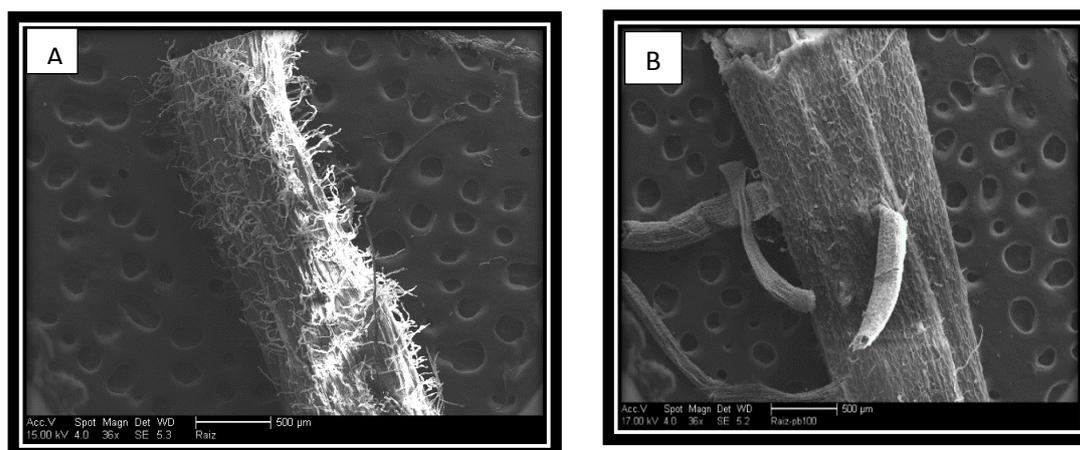
En la Figuras 1, se exhiben las fotomicrografías de fragmentos de la raíz de *Typha latifolia* sin saturar y saturadas con plomo, respectivamente. En general, en ambos materiales no se apreciaron diferencias significativas en la superficie y se apreció que la raíz está constituida por partículas alargadas y poco porosas. Además, se notan las fibras que corresponden a la celulosa las cuales se mantienen unidas por una sustancia que es la lignina. Este reportado que las raíces de las plantas están principalmente constituidas por lignina, celulosa, hemicelulosa y pectinas (Ma y Wang, 2009).

El análisis elemental de la superficie de la raíz de *T. latifolia* sin saturar y saturada con plomo se realizó por medio de Espectrometría de Fluorescencia de Rayos X por energía dispersa (EDS) acoplada al MEB. El análisis reveló que la raíz de *T. latifolia* sin saturar está constituida principalmente por C, O, Na, Mg, Au, Cl, K y Ca. Los componentes principales de la raíz son C y O, pero también podemos encontrar la presencia de elementos como Mg, Cl, K y Ca, los cuales comprenden los macro y micronutrientes necesarios para la planta (Wightman, 2000).

La presencia del Au se debió a que la muestra de raíz se recubrió con oro previo a su análisis. Por otra parte, en los resultados del análisis de la raíz de *T. latifolia* saturada con plomo se encontraron elementos como C, O, Na, Mg, Au, Al, Si, Cl, K y Ca, además se determinó la presencia del Pb a los valores de energía de 2.3 kV, lo cual revela la remoción de Pb sobre la raíz.

Autores como Margalaft (1981), estudio la composición elemental de plantas como la *Typha angustifolia* y *Typha latifolia* estipulando que se hallaban compuestas por Ca, Mg, Na, K, Fe, Mn, Zn y Cu. Al comparar este estudio con los resultados de esta investigación se aprecian cierta similitudes en la presencia de elementos como: Ca, Mg, Na y K, encontrados entre las raíces de *T. latifolia* estudiadas.

**Figura 26** Fotomicrografía de la raíz de *T. latifolia*. A) sin saturar con plomo a 36×; B) saturada con plomo a 36×



#### Determinación de la concentración de sitios activos

En la Tabla 1, se presentan los resultados de la concentración de sitios activos de la raíz de *T. latifolia*. Los resultados muestran que la concentración de sitios ácidos y básicos de la raíz de *T. latifolia* es de 0.37 y 0.12 meq/g, respectivamente. Es importante mencionar que en la literatura no se encontró reportado las concentraciones de sitios ácidos y básicos para este tipo de material y dado los resultados obtenidos se presume que la raíz tiene carácter ácido ya que presenta una mayor concentración de sitios ácidos.

**Tabla 26** Datos experimentales para calcular la concentración final y la concentración de sitios activos

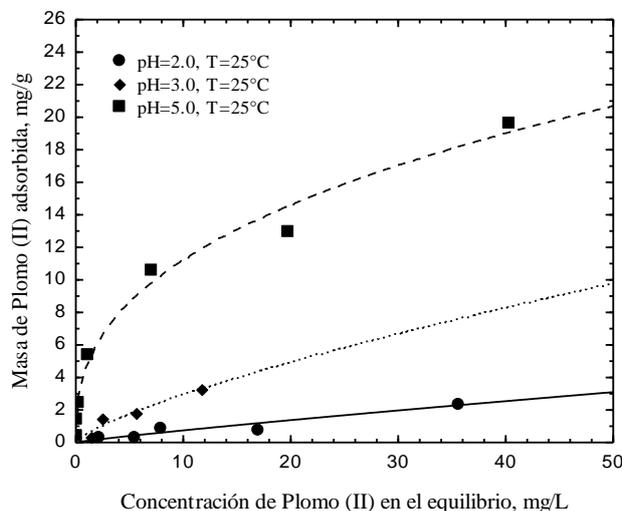
Sitios	m (g)	$C_T$ (eq/L)	$V_T$ (L)	$V_m$ (L)	$C_{in}$ (eq/L)	$V_{in}$ (L)	$C_{fn}$ (eq/L)	$C_{sa}$ (meq/g)
Ácidos	0.5003	0.010	0.025	0.040	0.010	0.050	0.00625	0.37
Básicos	0.5007	0.010	0.035	0.040	0.010	0.050	0.00875	0.12

#### Método para la obtención de datos experimentales de las isotermas de adsorción de plomo

El pH de la solución es probablemente el factor más importante en la adsorción de iones en solución acuosa sobre sólidos porosos. El pH influye considerablemente en el equilibrio de adsorción ya que la carga de la superficie del adsorbente y las especies o complejos iónicos que forma el adsorbato son función del pH (Leyva, 2007). El efecto del pH sobre la capacidad de adsorción de plomo en solución acuosa sobre la raíz de *T. latifolia* se investigó determinando las isotermas de adsorción a pH de 2, 3 y 5.

Los datos experimentales del equilibrio de adsorción del plomo en solución acuosa sobre la raíz de *T. latifolia* se muestran en la Figuras 2. Las líneas de las Figuras representan los modelos de isotermas que mejor ajustaron los datos experimentales.

**Grafico 26** Isotermas de adsorción de Pb(II) en solución acuosa sobre raíz de *Typha latifolia* a distintos valores de pH y  $T=25\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Las líneas representan la isoterma de Freundlich



En la Figura 27.1 se muestra el efecto del pH sobre la capacidad de adsorción de la raíz de *T. latifolia*, y se puede apreciar que el pH afecta significativamente la capacidad de adsorción. Los resultados revelaron que la máxima capacidad de adsorción ocurre a pH 5, y disminuye al disminuirse de 5 a 3 y de 3 a 2. Por otro lado, los promedios de las capacidades de adsorción de la raíz de *Typha* fueron de 0.96, 1.72 y 7.74 mg/g a pH de 2, 3 y 5, respectivamente. Esto es un claro indicio que la capacidad de adsorción mostrada por la raíz de *Typha latifolia* aumenta considerablemente al incrementar el pH.

Es importante mencionar que durante la adsorción del Pb(II), el pH de la solución siempre se mantenía variable durante el progreso de adsorción, y para mantenerlo constante fue necesario adicionar soluciones 0.1 y 0.01 N de NaOH o HNO<sub>3</sub>. En los experimentos realizados a pH de 5 a temperaturas de 15, 25 y 35 °C (Datos no presentados), la solución varió considerablemente aumentando con los días hasta llegar al equilibrio. Por otro lado, en los experimentos realizados a pH de 2 y 3, el pH de la solución casi no varió. Esto podría indicar que los iones H<sup>+</sup> de la superficie de la raíz se transfirieron a la solución y los cationes Pb<sup>2+</sup> en solución se difundieron a la superficie de la raíz de *Typha*. En otras palabras el Pb(II) se adsorbió por intercambio iónico.

### 26.3 Conclusiones

El análisis por microscopía electrónica de barrido reveló que la superficie de la raíz de *T. latifolia*, sin saturar y saturada, está constituida por partículas alargadas y poco porosas, compuestas por celulosa y unidas por lignina.

La concentración de sitios ácidos y básicos de la raíz de *T. latifolia* es de 0.37 y 0.12 meq/g, respectivamente, por lo que se considera que la raíz posee carácter ligeramente ácido ya que presenta una mayor concentración de sitios ácidos.

El estudio del efecto del pH y la temperatura en la isoterma de adsorción de Pb(II) sobre la raíz de *T. latifolia* reveló que la capacidad de este biosorbente para remover plomo es considerablemente dependiente del pH y de la temperatura de la solución, aumentando al incrementar el pH y la temperatura. La mayor cantidad de masa adsorbida de Pb(II) con el biosorbente fue de 21.85 mg/g a pH=5

## 26.4 Agradecimientos

El trabajo fue apoyado por el PROMEP y FAI a través del proyecto PROMEP/103.5/12/3953, PROMEP.UASLP PTC-374, C13-FAI-03-25.25

## 26.5 Referencias

Alonso Castro A.J., Carranza Álvarez, C., Alfaro De la Torre, M.C., Chávez Guerrero, L., García De la Cruz, R.F. (2009). Removal and accumulation of cadmium and lead by *Typha latifolia* exposed to single and mixed metal solutions. *Arch Environ Contam Toxicol*, 57: p. 688-696.

Böehm, H.P. (2002). Surface oxides on carbon and their analysis: a critical assessment, *Carbon*, 40: p. 145-149.

Carranza Álvarez, C., Alonso Castro, A.J., Alfaro de la Torre, M.C., García de la Cruz, R.F. (2008). Accumulation and distribution of heavy metals in *Scirpus americanus* and *Typha latifolia* from an artificial lagoon in San Luis Potosí, México, *Water Air and Soil Pollution*. 188: p. 297-309.

CNA (Comisión Nacional del Agua) (2010). Estadísticas del agua en México, edición 2010. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México, p. 193.

Dávila Santos, M.; Carranza Álvarez, C.; Alfaro de la Torre, M.C.; Acosta Rodríguez, I; González Zurita, J. (2005). Estudio preliminar de cyprinidae (peces) y bufo (anfibios) como monitores de contaminación por metales pesados en ríos de la Huasteca Potosina. *Facud. Ciencias Químicas, UASLP. Universidad Autónoma de Aguascalientes*.

Leyva Ramos, R. (2007). Importancia y aplicaciones de la adsorción en fase líquida. En Moreno Pijaran, J.C. (Ed.): *Sólidos Porosos. Preparación, Caracterización y Aplicaciones*. Ediciones Uniandes, Bogota, Colombia, p. 155-211.

Leyva Ramos, R. (2011). Capítulo 3. Fundamentos de adsorción en sistemas líquido-sólido. En tecnologías económicas para el abatimiento de arsénico en aguas, Editoras: Marta I. Litter, Ana María Sancha, Ana María Ingallinella, CYTED, p. 43-55.

Ma, X., Wang, C. (2009). Impacts of the physiochemical properties of chlorinated solvents on the sorption of trichloroethylene to the roots of *Typha latifolia*. *Environ. Pollut.*, 157: p. 1019–1023.

Margalef Mir, R. (1981). Distribución de los macrófitos de las aguas dulces y salobres del E y NE de España y dependencia de la composición química del medio. Departamento de Botánica de la Facultad de Biología de la Universidad de Barcelona e Instituto Botánico. España, p. 59

Wightman, K.E. (2000). Prácticas adecuadas para los viveros forestales. *Guía Práctica para los Viveros Comunitarios*. Centro Internacional para Investigación en Agroforestería. Nairobi, Kenya, p. 66-71.

## **Diseño de experimentos aplicados a proyectos de estadías en UTSOE**

Miriam Pérez, Jesús Espinoza, Verónica Morales, María López

M. Pérez, J. Espinoza, V. Morales y M. López  
Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato, Carretera Valle de Santiago-Huamimaro Kilómetro 1.2, 20 de  
Noviembre, 38400 Valle de Santiago, Guanajuato  
Cuerpo Académico Manejo Poscosecha  
meperez@utsoe.edu.mx,

M. Ramos., V.Aguilera., (eds.).Ciencias Naturales y Exactas, Handbook -©ECORFAN- Valle de Santiago, Guanajuato,  
2014.

## Abstract

This paper includes four of more projects, named cases, in which the Design of experiments was used. Although is not accepted the weight of this issues within thematic content for the Food Process program, clearly its potential as a support tool in order to give knowledge both into the Institution, and out when the student has to confront real problems en fabrics and business. Each of the cases was chosen in order to show many scenarios, more than one way to analyze data, as well to confirm the design of experiments importance in the food area. No further rule out the possibility of being used to analyze data generated in other educational projects, intrinsic goal that is left to the reader's consideration.

## 27 Introducción

El Diseño experimental tiene sus orígenes en los trabajos de Fisher y Yates encaminados a la optimización de los procesos agrícolas a inicios del siglo XX. Desde esta época se vio que era insuficiente conocer el promedio de un conjunto de datos, pues el control de un proceso se llevaba a cabo de una mejor manera si era baja la “variabilidad” ; sin embargo hoy en día se han encontrado las bondades del uso del diseño experimental en casi todas las áreas del conocimiento, para la mejora y estandarización de los procesos; pues la forma más adecuada de hacerlo, no sólo es alcanzando el “tarjet”, sino disminuyendo al mínimo la diferencia entre los datos obtenidos (Díaz, 2009).

Actualmente, la mayoría de los autores reconocen a Genichi Taguchi como el gurú que, “con su diseño robusto”, adaptó el concepto original a las nuevas necesidades y ofreció factoriales fraccionados, entre otros, que optimizaron el uso de recursos gracias a la disminución del número de experimentos, sin sacrificar la precisión del resultado (Wu & Wu, 1997). Dentro del programa educativo de Procesos Alimentarios, el tema de Diseño Experimental, se puede abordar en forma voluntaria en la última unidad de la asignatura de Calidad y no es sino hasta la continuación de estudios, en Ingeniería, que se incluye una materia de 4 horas por semana para involucrarse exclusivamente en los diseños experimentales.

Por necesidad del programa educativo fue necesario abordarlo como tema extra desde el segundo cuatrimestre del nivel de Técnico Superior Universitario (TSU), debido a que era necesario planear los experimentos y posteriormente realizar el análisis objetivo de resultados de las pruebas realizadas, tanto en los proyectos cuatrimestrales, como en los de estadía.

En cuanto a los reportes de estadía a nivel de Ingeniería en Procesos Alimentarios, es mucho mayor la necesidad de generar y analizar los datos resultantes de su investigación; aproximadamente el 80% de los proyectos deben validarse estadísticamente con cualquiera de las siguientes herramientas: Gráficos de control de proceso, comparación de dos o más poblaciones, pruebas de hipótesis, cálculo de intervalos de confianza y principalmente, análisis de varianza. En el presente trabajo se muestran algunos de los casos en los que se usó un Diseño experimental como herramienta de mejora durante las estadías, tanto del nivel TSU, como de Ingeniería y la conclusión a la que se llegó después de realizar un análisis de varianza o ANOVA (por sus siglas en inglés).

### 27.1 Materiales y métodos

El uso del diseño experimental tiene las fases descritas en la Figura 1 para su aplicación. Para cada caso los materiales para la elaboración de cada producto fueron distintos; sin embargo en cada caso se señala el soft ware usado para el análisis de los datos, mismo que se indica en la tabla por caso.

**Figura 27** Fases del Diseño Experimental

Para poder elegirlos es necesario conocer el proceso u observarlo para hacer una buena selección de factores. Este paso debe estar a cargo de un experto, o asesorarse de uno de ellos. Los factores son aquellos que durante el experimento pueden ser controlados, como temperatura, velocidad, proveedor, recurso y similares. También debe elegirse la variable de respuesta y el equipo con el que se va a analizar. Esta variable debe ser medible y es el resultado a medir después de llevar a cabo los experimentos, por ejemplo, Dureza, espesor, resistencia a la tensión, días de vida de anaquel y similares.

Si el número  $k$  de factores elegidos en bajo (menor a 4), es recomendable decidirse por un factorial completo, el número de pruebas está dado por  $2^k$ , donde el 2 representa al número de niveles usados por factor. Pero si se son muchos los factores que pueden intervenir, pueden usarse los arreglos ortogonales de Taguchi, para disminuir el número de pruebas.

En este paso se describen completamente los experimentos o tratamientos a llevarse a cabo, se indica el factor y el nivel al que se va a controlar.

Se realizan totalmente al azar, para evitar llegar a conclusiones espurias.

El ANOVA puede calcularse con ayuda de paquetería especializada en estadística (JMP o Minitav) o en su defecto en una hoja de cálculo por Excel. Las conclusiones a la que se llegan con la tabla ANOVA es si hay diferencia significativa entre un tratamiento y otro; pero si se analizan varios factores puede conocerse cuál de ellos afecta más a la característica de calidad que se está tratando de mejorar.

Fuente: elaboración propia basada en (Saderra, 1993)

En el presente trabajo se describen para cada caso los parámetros de las fases explicadas anteriormente, además del objetivo, giro de la empresa, y nivel del programa educativo. Para efectos de mejorar la comprensión de cada caso, se presenta cada uno en una tabla en donde se sintetiza cada uno de los trabajos realizados. Los valores explícitos de los niveles de cada factor se mantienen confidencialmente a resguardo del empresario.

## 27.2 Resultados y discusión

**Tabla 27** Caso 1 “Rendimiento de requesón” 1 (Herández, 2012)

Objetivo: determinar qué factores afectan al rendimiento del requesón en empresa láctea durante la estadía de 2012 de TSU

Factores a analizar: Temperatura de cocción, tiempo de reposo y tipo de vinagre

Variable de respuesta: rendimiento del requesón en porcentaje

Tipo de diseño: factorial completo con  $2^3 = 8$  pruebas

Planeación de pruebas requesón							
Factor	Fuente	Nivel 1	Nivel 2	Prueba	A	B	C
A	Temperatura de cocción	Baja	Alta	1	1	1	1
B	Tiempo de reposo	1	2	2	1	1	2
C	Tipo de vinagre	B	M	3	1	2	1
				4	1	2	2
				5	2	1	1
				6	2	1	2
				7	2	2	1
				8	2	2	2

Tabla ANOVA obtenida con el JMP 5.0

Factor	Fuente	Suma de cuadrados	F calculada	F crítica
A	Temperatura de cocción	8893.5	24.89	3.97
B	Tiempo de reposo	8970.67	25.1	
C	Tipo de vinagre	2773.5	7.76	
	Interacción A - B - C	10.67	0.03	

Discusión de resultados Caso 1: debido a que la F calculada es mayor a la F crítica se determinó que los 3 factores elegidos afectan en el rendimiento del requesón, no así la interacción entre ellos. Se recomendó trabajar cada uno de los factores en el nivel correspondiente al mayor rendimiento, A y C en el nivel 1 y el B en el nivel 2

**Tabla 27.1** Caso 2 “Productos de Nopal” (Moreno, 2012)

Objetivo: determinar qué factores afectan a las características sensoriales de tres nuevos productos elaborados con Nopal (*Opuntia ficus indica*): mermelada, licor y cristalizado de nopal en una microempresa de Valle de Santiago, Gto. durante la estadías de TSU en 2012

Factores a analizar:

Mermelada: tiempo de cocción fruto, tipo de azúcar, tiempo de cocción mermelada.

Licor: tiempo de concentración de jarabe, cantidad de alcohol, cantidad de jarabe.

Cristalizados: tiempo de cocción en jarabe, tiempo de reposo y tiempo de deshidratación.

Variable de respuesta: promedio de evaluación sensorial con 40 jueces no entrenados

**Tabla 27.2** Caso 2 “Productos de Nopal”

Tipo de diseño: factorial fraccionado Taguchi  $L_8$

Planeación de pruebas mermelada

Factor	Fuente	Nivel 1	Nivel 2
A	Tiempo de cocción nopal (min)	Bajo	Alto
B	Tipo de azúcar	B	M
C	Tiempo de cocción mermelada	Bajo	Alto

Para los tres productos se usó un arreglo  $L_8$ :

Prueba	A	B	c	e1	e2	e3	e4
1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	2	2	2	2
3	1	2	2	1	1	2	2
4	1	2	2	2	2	1	1
5	2	1	2	1	2	1	2
6	2	1	2	2	1	2	1
7	2	2	1	1	2	2	1
8	2	2	1	2	1	1	2

Planeación de pruebas Licor

Factor	Fuente	Nivel 1	Nivel 2
A	Tiempo concentración jarabe	Bajo	Alto
B	Cantidad de alcohol	Bajo	Alto
C	Cantidad de jarabe	1:2	1:1

Planeación de pruebas Cristalizados

Factor	Fuente	Nivel 1	Nivel 2
A	Tiempo de cocción en jarabe	Bajo	Alto
B	Tiempo de reposo	Alto	Bajo
C	Tiempo de deshidratado	Bajo	Alto

Tabla ANOVA obtenida con Excel 2007

ANOVA para la Mermelada

Factor	Fuente	Suma de cuadrados	F calculada	F crítica
A	Tiempo de cocción del nopal	0.10125	3.52	Mayor a 2.0
B	Tipo de azúcar	0.78125	27.17	
C	Tiempo de cocción de la mermelada	0.06125	2.13	

Discusión de resultados: debido a que la F calculada es mayor a 2, se determinó que los 3 factores elegidos tienen efecto en la evaluación sensorial de la mermelada. Con los resultados puntuales obtenidos se recomendó trabajar el factor A en el nivel 1 y el B y C en el nivel 2

Tabla ANOVA obtenida con Excel 2007

ANOVA para el licor

Factor	Fuente	Suma de cuadrados	F calculada	F crítica
A	Tiempo de concentración del jarabe	0.32	3.314	Mayor a 2.0
B	Cantidad de alcohol	0.005	0.05178	
C	Cantidad de jarabe	0.245	2.5372	

Discusión de resultados: de acuerdo a los resultados se encontró que de los factores elegidos solamente uno no tiene influencia en la evaluación sensorial del licor: la cantidad de alcohol. Con los resultados puntuales obtenidos se recomendó trabajar el factor A y C en el nivel 2 y el factor B en el nivel 1

Tabla ANOVA obtenida con Excel 2007

ANOVA para el cristalizado				
Factor	Fuente	Suma de cuadrados	F calculada	F crítica
A	Tiempo de cocción en jarabe	0.91125	4.16571	Mayor a 2.0
B	Tiempo de reposo	0.00125	0.00571	
C	Tiempo de deshidratado	0.28125	1.28571	

Discusión de resultados: debido a que la F calculada es menor a 2 se determinó que los 3 factores elegidos no tienen efecto en la evaluación sensorial del cristalizado. Se recomendó trabajar cada factor en los niveles de menor costo.

**Tabla 27.3** Caso 3 “Nopal en escabeche” (Delgado & Ávila, 2011)

---

Objetivo: determinar si existe diferencia significativa en las características sensoriales entre dos materias utilizadas primas para la elaboración de nopal en escabeche en las instalaciones de la UTSOE.

Estadía realizada dentro de la Institución durante 2011 para obtención del título de TSU

---

Factores a analizar: Nopal blanco (*Opuntia ficus indica*) y Nopal F6 (*Opuntia ficus indica* variedad F6)

---

Variable de respuesta: evaluación sensorial promedio realizada por 50 jueces no entrenados

---

Tipo de diseño: factorial completo con  $2^1 = 2$  pruebas, con 8 repeticiones cada una

---

Tabla ANOVA obtenida con Excel 2007

ANOVA para el nopal en escabeche				
Factor	Fuente	Suma de cuadrados	F calculada	F crítica
	Entre grupos	105.0625	8.5	4.6
	Dentro de los grupos	172.515		

---

Discusión de resultados Caso 3: debido a que la F calculada es mayor a la F crítica se determinó que si existe diferencia significativa entre ambas materia primas sobre la evaluación sensorial del producto Nopal en escabeche, siendo el nopal blanco el mejor evaluado por los jueces. Se recomendó además realizar análisis físico químico simultáneo a los materiales.

**Tabla 27.4** Caso 4 “Chile jalapeño” (Delgado, 2011)

---

Objetivo: determinar qué factores afectan en la rancidez del chile jalapeño en escabeche envasado en bolsas.

Estadía realizada durante 2011, para una PYME de Valle de Santiago, para la obtención del título de Ing. en Procesos Alimentarios.

---

Factores a analizar: Tipo de empaque del producto, tipo de aceite usado y tratamiento de la hortaliza

---

Variable de respuesta: Índice de peróxidos (relacionado con la rancidez) del chile, evaluado por titulación, a nueve diferentes tiempos de reposo: 0, 1, 2, 3, 5, 8, 24 y 48 horas

---

Tipo de diseño: factorial completo con  $2^3 = 8$  pruebas, con 3 repeticiones cada una

---

Planeación de pruebas para chile en escabeche							
Factor	Fuente	Nivel 1	Nivel 2	Prueba	A	B	C
A	Empaque	Actual	Laminado	1	1	1	1
B	Aceite	Soya	Mezcla (soya + cártamo)	2	1	1	2
C	Proceso	Sofreído	Sin Sofreído	3	1	2	1
				4	1	2	2
				5	2	1	1
				6	2	1	2
				7	2	2	1
				8	2	2	2

Tabla ANOVA obtenida con Excel 2007

Para el análisis de los datos, se sometieron los resultados obtenidos a los nueve tiempos de reposo; sin embargo, el valor último (a las 48 horas) fue el más representativo, debido a que el índice de peróxidos es proporcional el tiempo de reposo. Para verificar la veracidad de los análisis se evaluó a los mismos tiempos muestras del aceite de soya y mezcla soya – cártamo

#### ANOVA para chile en escabeche

Factor	Fuente	Suma de cuadrados	F calculada	F crítica
A	Empaque	105.0625	8.82692712	3.97
B	Aceite	71.4025	5.9989498	
C	Proceso	11.9025	0.01	
	Interacción A - B- C	20.3	2.01	

Discusión de resultados Caso 4: debido a que la F calculada es mayor a la F crítica para los factores A y B, se concluyó que estos dos factores son los que tienen influencia en el índice de peróxidos (y por lo tanto rancidez) del producto. Con el análisis puntual de los resultados se encontró que debe usarse empaque laminado y la mezcla de aceite y como el tratamiento de la hortaliza no afectó, se recomendó no sofreír, para abatir el costo que representa ese paso del proceso.

### 27.3 Conclusiones

El diseño experimental ayudó a los alumnos a una mejor planeación de los experimentos para su estadía, facilitó el análisis de resultados y representó un marco de referencia para la realización de sugerencias al empresario, mismas que están encaminadas a la mejora de los productos y/o los procesos analizados, se dejó a consideración del mismo la decisión de su implementación. Al respecto, cabe destacar:

En el caso 1, Requesón, los resultados encontrados coadyuvaron a visualizar otras investigaciones que pueden representar trabajos de estadía para generaciones venideras.

En el Caso 2, productos de nopal, el análisis ayudó a que el empresario se decidiera por el proceso óptimo y de mejor aceptación por parte del consumidor. Adicionalmente, se realizaron pruebas para dejar algunos procesos para la reutilización de desechos y obtener cuatro subproductos adicionales a los de línea de la empresa.

En el caso 3, se encontró que, aunque el nopal verdura variedad F6 es de fácil adquisición como materia prima, no está aún bien evaluada comparativamente con la variedad más vendida en la región.

En el caso 4, el análisis mostró que el empaque es primordial para mantener estables las características físico químicas de los chiles en escabeche y como resultado actualmente el producto se vende en un envase sellado y protegido de los factores ambientales que puedan provocar cambios en el producto.

El hecho de analizar el alto nivel de utilización de esta herramienta dentro de los proyectos de estadía de los programas educativos de TSU e Ingeniería en Procesos Alimentarios, es un parámetro que se debe utilizar para justificar la sugerencia a las instancias competentes de incluir obligatoriamente este tema dentro de las asignaturas de Calidad y/o Estadística para el Control de procesos, del nivel de TSU en los programas educativo mencionados.

Para futuros proyectos y cuando se tengan los datos suficientes, se recomienda realizar una corrida de comprobación o realizar una propuesta de mejora, que puede ser el punto de partida para la generación de otro proyecto de investigación.

#### **27.4 Referencias**

Delgado, J. A., (2011). *Estabilidad de los lípidos frente a la oxidación sobre los chiles jalapeños en escabeche*. Valle de Santiago, Gto.

Delgado, G. V., & Ávila, S. B. (2011). *Estandarización del proceso para la elaboración del nopal verdura en escabeche (Opuntia ficus- indica variedad F6)*. Valle de Santiago, Gto.

Díaz, A. (2009). *Diseño Estadístico de Experimentos*. Medellín, Colombia: Universidad de Antioquía, pp. 6-7.

Herández, S. A. (2012). *Elaboración de requesón con lactosuero fortalecido*. Valle de Santiago, Gto.

Moreno, F. I. (2012). *Estandarización e innovación de productos derivados del nopal y xoconostle*. Valle de Santiago, Gto.

Saderra, L. (1993). *El secreto de la Calidad Japonesa: el diseño de experimentos clásico, Taguchi y Shainin*. Barcelona, España: Productica, pp. 47 - 53.

Wu, Y., & Wu, A. (1997). *Diseños robustos utilizando los Métodos Taguchi*. Madrid, España: Ediciones Díaz de Santos, pp. 3-4.

**Calidad en la gestión de servicios. Un enfoque al servicio educativo, los casos de la Maestría en Ciencias (Matemáticas) y la Maestría en Educación Matemática de la Facultad de Ciencias Físico Matemáticas de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla**

José Zacarías, Gladys Salgado, Yazmin Jiménez y Hugo Cruz

J.Zacarías, G.Salgado, Y. Jiménez & H.Cruz  
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, 4 sur 104 centro histórico C.P. 72000  
jzacarias@fcfm.buap.mx

M. Ramos., V.Aguilera., (eds.) .Ciencias Naturales y Exactas, Handbook -©ECORFAN- Valle de Santiago, Guanajuato, 2014.

## Abstract

In this paper we present two research projects carried out by the Academic Body of Probability and Statistics (CAPE) at the Faculty of Physical and Mathematical Sciences belonging to the Autonomous University of Puebla in the line of Statistical Quality Control branch of the main line of inquiry. The projects address specific quality methodology that relies on statistical tools for a proposed improvement in the master's programs of Science (Mathematics) Mathematics Education and taught at this institution in order to strengthen them. Shown in this study, the methodology followed and the first advances.

## Introducción

El Cuerpo Académico de “Probabilidad y Estadística” (CAPE) de la Facultad de Ciencias Físico Matemáticas de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla fue oficialmente registrado en el Programa de Mejoramiento del Profesorado (PROMEP) en 2002 actualmente conformado por Juárez Hernández Bulmaro, Reyes Cervantes Hortensia Josefina, Tajonar Sanabria Francisco Solano, Zacarías Flores José Dionicio, Cruz Suárez Hugo Adán y Vázquez Guevara Víctor Hugo. Este cuerpo académico cultiva una única línea de investigación de generación del conocimiento (LIGC) que es la de probabilidad y estadística en donde actualmente se trabaja en temas como Aplicaciones de la Teoría de Procesos Estocásticos, Teoría de Colas, Control Estocástico, Simulación Digital de Sistemas Estocásticos, Diseño de Experimentos, además de Matemática Educativa que impactan en el área de ciencias Naturales y Exactas, en la disciplina de Matemáticas.

Actualmente se está iniciando un nuevo tema de investigación que es Control Estadístico de la Calidad, en el cual se está iniciando con dos proyectos de investigación que abordan áreas sociales, profesionales, e institucionales importantes de los cuales hablaremos en este trabajo.

El Control Estadístico de la Calidad es un área importante y útil en diversos ámbitos debido a que la calidad de manera inherente ha existido desde la creación de la humanidad y hasta la fecha se ha convertido en un aspecto que regula la buena práctica de las empresas en todos los sectores.

Uno de estos trabajos con los que se está iniciando en esta área, se basa en la importancia que tiene para las instituciones educativas establecer en sus programas, directrices relacionadas con el servicio educativo que se ofrece en cuanto al proceso de su desarrollo y prestación, así como en los procesos que están involucrados en la implementación y medición de resultados, para ello se deben considerar: el plan de estudios, los procesos de aprendizaje, la organización de la institución, etc., y entre ellos, un perfil de egreso que describa las características deseables que deben adquirir los estudiantes al concluir sus estudios. Todo esto con el objetivo de obtener “Egresados de Calidad” que los conlleve a beneficios en el ámbito profesional, para la institución y para la sociedad, la Maestría en Ciencias (Matemáticas) (MCM) que se imparte en la FCFM, BUAP y en la cual participa el cuerpo académico de probabilidad y estadística, es un ejemplo de ello, así con el propósito de fortalecer el programa y dado que recientemente se ha obtenido el reconocimiento internacional, es de gran interés que se logre competitividad ante las maestrías afines líderes en la actualidad en cuanto a la calidad de sus egresados, por ello hemos tomado gran interés en el estudio del perfil de egreso, que como se menciona en el modelo Universitario Minerva, especifica “las características de un egresado para que expresen (además de los conocimientos, las habilidades, actitudes y valores acordes con la propuesta de formación integral y pertinente) los denominados cuatro pilares de la educación: aprender a conocer, aprender a hacer, aprender a ser y aprender a vivir juntos, agrega también el aprender a emprender, el aprender a desaprender, así como el compromiso con la integración social”.

Por esta razón y debido a que existen indicios de que actualmente la maestría tiene ciertas debilidades (Formación y conocimientos necesarios para ingresar a la planta docente, la resolución de problemas complejos e investigación, vinculación, lograr un segundo idioma (inglés), etc.) de esta manera surgen las siguientes preguntas de investigación:

- ¿El alumno obtiene todas las características descritas en el perfil de egreso? Si no es así, ¿cuáles son las que no se están cumpliendo?
- ¿Puede crearse una metodología y/o normatividad que permita detectar si se está dejando de cumplir al 100% y si se diera el caso, poder corregir las que no se estén cumpliendo?
- ¿Tal metodología permitirá establecer un proceso de mejora constante en el perfil de egreso?
- ¿Cómo validar la metodología que sea propuesta?

El objetivo de la realización de la investigación es fortalecer esta Maestría de Matemáticas, en la Facultad de Ciencias Físico Matemáticas, perteneciente a la BUAP al desarrollar una normatividad y una metodología que permita supervisar y establecer un mecanismo de mejora en el perfil del egresado, acorde a los lineamientos del Modelo Minerva que actualmente rige a esta universidad.

El segundo de ellos se basa en las diferentes necesidades, inquietudes y superación personal de los egresados de licenciatura es por esos que surgen estudios de posgrado que tienen la finalidad de formar profesionistas del más alto nivel a través de una base sólida y metodológica, así que cada institución educativa busca satisfacer los requerimientos de los estudiantes creando distintos posgrados que contribuyan a consolidar su formación. Hoy en día la sociedad exige a las instituciones educativas dar una formación excelente debido a la alta competitividad y exigencias que se presentan en los medios o ámbitos educativos, esto ha originado que las instituciones educativas busquen reclutar a los docentes con mayor preparación académica, lo que a originado que profesores de nivel básico y medio superior busquen posgrados de profesionalización que les permita mejorar su trabajo docente. El crecimiento acelerado de la demanda de los profesores por cursar algún posgrado, ha contribuido a que se elaboren propuestas apresuradas para cubrir la demanda, lo que ha llevado consigo propuestas que no satisfacen las necesidades de los que quieren superarse. En cualquier plan de estudios se identifican siete procesos que pueden afectar a la calidad educativa los cuales se mencionan a continuación (Owlia et al., 1998): 1) Diseño de los programas de estudio. 2) Ejecución y gestión de los programas de estudio. 3) Evaluación de los estudiantes. 4) Servicios de apoyo para los programas de estudio. 5) Orientación y apoyo a los estudiantes. 6) Admisiones. 7) Reclutamiento, evaluación y desarrollo del personal. Es por eso que surge el interés de conocer las problemáticas que se está enfrentando la nueva Maestría de Educación Matemática de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla lo cual surgen las siguientes preguntas de investigación:

- ¿Qué características debe tener la metodología a desarrollar que permita la mejora y el desempeño organizacional de la MEM?
- ¿Cuál de las metodologías de calidad será la más apropiada a usar?

El propósito de fortalecer el funcionamiento de la maestría por medio de una propuesta de mejora desarrollada con una metodología de calidad, que para este caso se propone que sea mediante el uso de Seis Sigma.

La investigación se propone de manera mixta, una parte se efectuará por medio de una revisión de la literatura que nos permita conocer el estado del arte de las diversas metodologías en el área de control de calidad orientadas al ámbito educativo, y de manera más específica de QFD y Seis Sigma.

Y una parte empírica que nos permitirá determinar los requerimientos de los estudiantes, directivos y empleadores vistos como clientes del sistema educativo mediante herramientas estadísticas, para posteriormente proponer y validar una serie de indicadores que den origen a una normatividad y la generación una metodología de seguimiento y control que se explicará en los puntos posteriores.

## **28 Marco teórico**

### **28.1 Metodologías de control de calidad**

La gestión de calidad, permite ayudar a lograr una mejora significativa en toda la institución, por medio de un proceso dinámico de mejora continua, Maseda (1999) define la gestión de calidad como “un conjunto de acciones encaminadas a planificar, organizar y controlar la función de calidad en una empresa”. Las instituciones que incorporan la filosofía de la gestión de calidad, pueden abordarla desde la perspectiva de los procesos formativos, es decir, en aquellos por medio de los cuales los estudiantes adquieren las competencias necesarias para su profesión.

La satisfacción de los clientes de la institución es el objetivo principal de la prestación del servicio educativo por lo que surge la necesidad de la gestión de calidad, pues ésta es una estrategia organizativa y un método de gestión que hace participar a todos los empleados y pretende mejorar continuamente la eficacia de una organización para satisfacer al cliente (Zúñiga, 2003).

Para llevar a cabo una gestión de calidad satisfactoria se implantan modelos de gestión de calidad. Un modelo o sistema de gestión ayuda a una organización a establecer las metodologías, responsabilidades, recursos, actividades, etc, que le permitan a una gestión orientarse hacia la obtención de los objetivos establecidos (Beltrán, Carmona, Carrasco, Rivas y Tejedor, 2009)

Existen diversos modelos, que pueden adaptarse para su utilización en el ámbito educativo, dos de los mas utilizados en la actualidad y los cuales se abordan para la realización de la investigación son el Despliegue de la Función de la Calidad (QFD) y Seis Sigma que describiremos a continuación.

Despliegue de la función de la Calidad (QFD): En toda empresa e institución, el objetivo final es lograr la satisfacción del cliente, el Despliegue la Función de Calidad (QFD) es una metodología de calidad que permite la planificación de productos y procesos educativos a través de la identificación de las necesidades y expectativas de los clientes, tanto los clientes internos como los externos (estudiantes, profesores, empresas, etc.), prioriza dichas expectativas y necesidades según su nivel de importancia y finalmente, focaliza todos los recursos de la institución hacia la satisfacción de dichas expectativas, en resumen, QFD orienta la planeación del diseño en base a las necesidades de los clientes y la selección de las alternativas más adecuadas, desde el diseño hasta la ejecución del servicio.

La metodología consta de una estructura de matrices sucesivas llamadas “Casas de la calidad”, que permiten transmitir “qué quieren los clientes” llamados “QUÉS” en “Como poder satisfacer estas necesidades” llamados “CÓMOS”.

La estructura de planeación de QFD de cuatro fases está constituida por (Franceschini, 2002):

- Las dos primeras (casa de la calidad y características del perfil) se refieren a la planificación.
- Las siguientes dos se refieren a la elaboración, planificación de procesos y control de calidad.

### *Fase 1. Matriz de planificación del perfil*

- Se definen las características objetivas del perfil a partir de las expectativas del cliente (QUE's).
- Se obtiene los “COMOS” que son las especificaciones o atributos del perfil.
- Se comparan los requisitos del cliente (*requerimientos*) con las características del perfil (*atributos*).
- Define las relaciones ocurrientes, entre los dos elementos y sus prioridades recíprocas.
- Permite la *evaluación comparativa*

### *Fase 2. Componentes*

- Compara las características del perfil con los requisitos de los componentes más importantes (subsistemas) en los que el perfil puede descomponerse (*características de fundamentales*)

### *Fase 3. Matriz de planificación de procesos*

- Se refiere a las características únicas de los subsistemas con sus respectivos procesos de ejecución (*etapas críticas del proceso*)

### *Fase 4. Proceso y matriz de control de calidad*

- Define la inspección, parámetros de control de calidad y métodos para ser utilizados en el proceso de ejecución en cada etapa del procedimiento (*pasos del proceso de control de calidad*)

*Se establecen:*

- *Que cada paso crítico del proceso esté colocado en posición*
- *Los parámetros de control de procesos*
- *Los puntos de control*
- *Los métodos de control*
- *El tamaño de la muestra, frecuencias y métodos de verificación*

Cada fase de la metodología es apoyada por herramientas estadísticas como:

- Encuestas
- Servqual
- AHP
- Analisis Kano
- Focus Group
- Técnica de Grupo Nominal
- Diagrama de Afinidad
- Diagrama de Pareto

Aunque una institución educativa, específicamente las universidades públicas, no pueden verse como una empresa comercial que busca resultados económicos, sí podemos verlas como empresas de servicios, en las que el servicio ofrecido es la educación. En el sector empresarial se generan productos y se esperan ganancias económicas, en el sector educativo se generan egresados, y se obtiene como ganancia formar profesionistas, que se espera sean los mejores.

Seis Sigma: La otra metodología de calidad es Seis Sigma una técnica de mejora continua que busca identificar las causas de los errores, defectos, y retrasos en los diferentes procesos de las instituciones o negocios, enfocándose en los aspectos que son críticos para el cliente, con el objetivo de mejorar la calidad y reducir los niveles de defectos. La estrategia de Seis Sigma se basa en métodos estadísticos que emplean herramientas de calidad y análisis matemáticos, para diseñar o mejorar procesos, este método lleva la calidad hasta niveles próximos a la perfección (Pyzdek y Keller, 2010).

Dentro de Seis Sigma se desarrolla la metodología DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve, Control) siendo un vocablo formado por las iniciales de las palabras en inglés de los pasos de la metodología: Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar, este proceso que es conducido por datos, consiste en mejorar procesos ya existentes y enfocada a la disminución de la probabilidad de los errores de un proceso, la estructura de la metodología está compuesta por cinco fases que se enlistan a continuación:

**Definir (Define):** Definir es la primera fase del modelo DMAIC. El objetivo de esta etapa es refinar el entendimiento del problema y es extremadamente importantes identificar el problema correcto a solucionar y definir las expectativas del cliente para el proceso. En esta etapa, el equipo de trabajo define lo que se necesita para un proyecto de Seis Sigma exitoso. Definir incluye identificar los clientes (internos y externos); identificar sus necesidades y determinar el alcance del proyecto y los objetivos.

**Medir (Measure):** En la fase de medición consiste en establecer técnicas para recolectar datos sobre el desempeño actual e identificar los requisitos clave de los clientes y los parámetros que afectan al funcionamiento del proceso y a las características clave, al final de esta fase se define el sistema de medida y se mide la capacidad del proceso.

**Analizar (Analyze):** En esta fase se analizan los datos de los resultados actuales e históricos pues permite al equipo de trabajo establecer las oportunidades de mejora al tener todos los datos, en esta fase también se determina por qué, cuándo y cómo ocurren los defectos, utilizando las herramientas estadísticas pertinentes. De esta forma el equipo confirma las principales variables claves que afectan el proceso y proponen mejoras potenciales para aplicarse en la siguiente etapa.

**Mejorar (Improve):** En la fase de mejora, el equipo tiene que desarrollar, implementar y validar las alternativas de mejora, esto consiste en hacer una lluvia de ideas para generar las propuestas de mejora, probar las soluciones usando las pruebas piloto y validando la mejora. Se hace una nueva ilustración del proceso mejorado para que el equipo pueda asegurar que la mejora es potencial y viable. Esta etapa entrega las soluciones al problema, así como los planes de implementación y comunicación que se propusieron en la mejora.

**Controlar (Control):** Esta es la última fase de la metodología, que consiste en diseñar una estrategia de control basada en las cuatro fases anteriores y documentar los cambios y mejoras del proceso para asegurar lo que se ha conseguido con el proyecto Seis Sigma y así se mantenga una vez que se halla implementado los respectivos cambios. Cuando se ha logrado alcanzar los objetivos iniciales se da por terminado este proceso de DMAIC

## 28.2 Diseño y desarrollo de las metodologías

### 28.2.1 Propuesta para la Maestría en Ciencias (Matemáticas)

De forma general, la propuesta se describe por medio de un diseño sistemático que lleva los requerimientos de los clientes como variables de entrada que definirán un perfil de egreso, procesadas a través de diversas herramientas y la metodología QFD que definirá el diseño, desarrollo y aplicación de una nueva metodología y normatividad propuesta para el cumplimiento de éste y que de ser implementada, se logre la satisfacción de los clientes.



El diseño de la metodología propuesta para la mejora del perfil de egreso (PE), la cual considera una normatividad y metodología de trabajo para llevar el control de la implementación se realiza mediante 5 fases, de las cuales se presentaran como avance en este trabajo la fase 0 que consideramos como la fase crítica y más importante debido a que constituye la base para la realización del resto de ellas:

#### *Fase 0. Obtención de la VOC*

Esta fase tiene como objetivo la definición de los clientes de la MCM, así como la identificación de sus necesidades en cuanto a la definición del PE.

#### *Etapa 1. Definición de los clientes*

En un perfil de egreso se expresan las características que un egresado debe poseer para desarrollarse satisfactoriamente en el ámbito profesional o en estudios posteriores, para lograr esta meta, dichas características deben ser diseñadas en base a los clientes, quienes son los que demandan cierta preparación en los egresados, las cuales la institución debe comprometerse a proporcionar en gran medida.

Primeramente definimos a nuestros clientes como aquellos a los que les sirve o beneficia los resultados o productos generados por las actividades que se realicen en la institución, y en este caso en cuanto a la formación que adquieran los egresados (Cruz, 2005), clasificándolos como clientes internos y externos como se muestra en la Tabla 28:

**Tabla 28** Clientes internos y externos

<b>Clientes</b>	
<b>Internos</b>	<b>Externos</b>
<b>Alumnos</b>	Escuelas subsecuentes
<b>Maestros</b>	Empresas industriales, de comercio, de servicios
<b>Directivos</b>	Centros de investigación
<b>Institución</b>	Egresados
	Gobierno
	Sociedad

### *Etapa 2. Captura de la voz del cliente (la VOC)*

Para la construcción de un perfil de egreso, es necesario considerar los tipos de información social, disciplinar, profesional e institucional derivada de los clientes pues así la información obtenida abarcará los factores necesarios y serán la base para la definición del perfil de egreso. Podemos entender a los tipos de información de la siguiente manera (Dirección General de Desarrollo Académico, UADY, 2014):

- **Social:** Es la información relacionada con las necesidades y problemáticas sociales en los ámbitos internacional, nacional, regional y local que deberá atender el egresado de la MCM. Esta información permite justificar la existencia de la MCM porque su estudio cimienta el análisis que conduce a la identificación de tareas y funciones que permiten definir las características que debe poseer el egresado.
- **Disciplinar:** Es la integración de teorías, conceptos, metodologías y técnicas que constituyen las herramientas necesarias para el desempeño de la profesión. Esta información permite analizar el estado del arte de la disciplina en los ámbitos internacional, nacional, regional y local.
- **Profesional:** Es el análisis de las necesidades profesionales que el mercado laboral demanda del egresado de una MCM en el ámbito internacional, nacional, regional y local.
- **Institucional:** Conjunto de elementos que integran la filosofía de la Universidad, es decir, Misión, Visión, Valores y Atributos declarados en el Plan de Desarrollo Institucional, reglamentos y documentos oficiales.

Cada cliente puede aportar diversos tipos de información, es importante identificar en cual o cuales puede contribuir para crear las herramientas adecuadas, para ello, creamos el esquema de organización por medio de una tabla que cruza a los clientes con el tipo de información. Se utilizarán las herramientas mencionadas en la tabla y descritas a continuación para la obtención y definición de las necesidades de los clientes orientadas según la información que se necesita obtener para la construcción del perfil de egreso de la MCM, llamadas los QUÉS, con ello obtendremos:

- Las necesidades y problemáticas que podrá atender el egresado.
- Las necesidades profesionales del mercado laboral.
- Los lineamientos, necesidades y objetivos institucionales.

**Tabla 2.** Fuentes de información

Cliente	Fuente de información
Alumnos	Entrevista
Maestros	Focus Group
Directivos	Entrevista
Institución	Reglamentos
Escuelas subsecuentes	Páginas web (perfil de ingreso a doctorado)
Empresas industriales, de comercio, de servicios	Entrevista
Centros de investigación	Páginas web Entrevista
Egresados	Cuestionario

A partir de las herramientas utilizadas, se obtuvo una primera lista de necesidades.

### *Etapa 3. Agrupación*

Se realiza la clasificación y agrupación de las necesidades de los clientes en categorías, generando niveles de detalle.

#### *Fase 1. Especificaciones de planeación del PE.*

Se caracterizarán las necesidades de la fase anterior valorando su importancia en cumplimiento, evaluando su existencia, es decir, es aquí donde se definirán las características que deben conformar al perfil de egreso.

Esta fase estará descrita por la primera casa de QFD que dará como resultado las características que deben formar el PE con una ponderación según su importancia. Las etapas de esta fase estarán designadas por los pasos a seguir para la construcción de la casa de la calidad una vez que se han obtenido los requerimientos de los clientes.

Etapa 1. Jerarquizar los requerimientos de los clientes según su importancia.

Etapa 2. Realizar la evaluación competitiva.

Etapa 3. Designar los requerimientos técnicos (COMOs).

Etapa 4. Definir la matriz de relaciones.

Etapa 5. Describir la correlación entre los COMOs.

Etapa 6. Especificar la importancia técnica.

#### *Fase 2. Especificaciones del PE*

Para la realización de esta fase, se procederá a la elaboración de la segunda estructura de QFD en la que se generará la normatividad que regirá el cumplimiento del PE debido a que se designarán las características del servicio educativo.

Etapa 1. Jerarquizar los requerimientos técnicos.

Etapa 2. Designar las características del servicio (COMOs).

Etapa 3. Definir la matriz de relaciones.

Etapa 4. Describir la correlación entre los COMOs.

### *Fase 3. Especificaciones del proceso*

Se identificarán las acciones que deberán realizarse para el cumplimiento del PE es decir se definirán los elementos del proceso.

Etapa 1. Jerarquizar las características del servicio.

Etapa 2. Designar los elementos del proceso (COMOs).

Etapa 3. Definir la matriz de relaciones.

Etapa 4. Describir la correlación entre los COMOs.

### *Fase 4. Especificaciones del control*

Se establecerá una metodología de control que supervise el cumplimiento del PE.

Etapa 1. Jerarquizar los elementos del proceso.

Etapa 2. Designar las variables de control (COMOs).

Etapa 3. Definir la matriz de relaciones.

Etapa 4. Describir la correlación entre los COMOs.

Etapa 5. Diseñar los formatos de control.

## **28.3 Propuesta para la Maestría en Educación Matemática**

El tema de investigación que se está realizando en el cuerpo académico de probabilidad estadística y en donde utilizará la metodología de Seis Sigma es “*Una propuesta de mejora para la Maestría de Educación Matemática, usando la metodología de Seis Sigma*” el trabajo tiene como objetivo fortalecer el funcionamiento de la maestría por medio de una propuesta de mejora Seis Sigma. Esto se debe a que al estar inmersos dentro de un mundo de constantes cambio, los procesos sociales obligan a realizar ajustes en los programas de formación de profesionales de manera continua y permanente. Estos ajustes permiten enfrentar y proponer los cambios que requiere la sociedad, por eso es necesario contar con posgrados que respondan a las necesidades sociales e individuales. Donde se debe proponer la práctica de nuevas teorías de aprendizaje, el uso de las tecnologías modernas y metodologías acordes con los avances en el campo educativo.

La importancia de evaluación de un programa de estudios de nueva creación permite obtener información de temas o aspectos necesarios de mejorar, además también nos muestra cuáles son las fortalezas, las debilidades, las fallas y las actualizaciones necesarias para que a mediano plazo se puedan mejorar para que el posgrado siga vigente y actualizado, además lo más importante es que siga cumpliendo las demandas y las necesidades de la sociedad para que le sirva al profesional que se forme con este plan de estudios.

Cuando se piensa en la mejora o en el fortalecimiento de un proyecto de posgrado se debe involucrar a la población beneficiada como lo son: a los profesores, a los estudiantes y a la sociedad en general, esta mejora se propone para satisfacer también las necesidades de una sociedad que requiera un profesional en un campo específico.

Existen varios indicios de que el proyecto de la MEM tiene debilidades, y que sus fortalezas pueden ser mejoradas, por lo que es importante realizar una mejora con ayuda de una metodología de calidad para el óptimo funcionamiento de gestión y organización en el programa de posgrado de la MEM, pues permitirá que nuevas generaciones de alumnos egresen mejor preparados considerando las necesidades y problemáticas básicas que existen en la actualidad en los niveles básico y medio superior, ya que los cambios que se enfrentan hoy en día en la sociedad son continuos y acelerados.

Este trabajo se está iniciando, por lo que se presenta la metodología de investigación a seguir en este proyecto, así como las primeras actividades realizadas.

### 28.3.1 Metodología de investigación

- Revisión del “Proyecto de creación del programa académico de: Maestría en Educación Matemática”
- Revisión de planes de estudios de maestrías similares al de Puebla representativos en México (UAQ, UNISON, CINVESTAV, UAGro).
- Revisión del Modelo Universitario Minerva.
- Revisión de los requerimientos del Padrón Nacional de Posgrados de Calidad (PNPC).
- Diseño y aplicación de un mecanismo por medio del cual se medirán, evaluarán y recolectarán datos sobre las diversas problemáticas que enfrenta la MEM
- Estudio teórico de la metodología Seis Sigma.
- Aplicación de la metodología Seis Sigma al área educativa, para dar respuesta a las problemáticas encontradas en el punto 5 y junto con el uso de herramientas estadísticas como la estadística multivariada obtener las variables representativas del problema, y a partir de ellas junto con el uso de los programas estadísticos necesarios se prepara la respuesta de mejora.
- Desarrollo de la propuesta de mejora.
- Creación y prueba de un primer prototipo de la metodología a usarse.
- Resultados y alcances obtenidos (presentación de resultados en eventos relacionados al área de calidad).
- Conclusiones finales.
- Redacción y defensa de la tesis.

Dentro de esta metodología se implementara Seis Sigma con el sistema de trabajo de DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar Controlar), cabe recalcar que los avances de este proyecto se presentarán en eventos relacionados al área de calidad y también se espera que se pueda obtener un libro como producto de esta investigación involucrado las dos metodologías de control de calidad orientado a la educación.

Actualmente se esta trabajando en la primera fase de esta metodología en la cual mediante la revisión del “Proyecto de creación del programa académico de: Maestría en Educación Matemática” se están identificando las posibles problemáticas que esta enfrentado la nueva maestría, por otro lado se están identificando quienes van hacer los clientes que estén involucrados en este procesos de mejora, para posteriormente identificar sus necesidades y determinar el alcance del proyecto y los objetivos específicos que se pretender lograr.

### 28.4 Conclusiones

Como nueva temática a trabajarse en la línea de investigación que cultiva el cuerpo académico de probabilidad y estadística, ha habido la necesidad de establecer un seminario de tesis para estudiar las dos metodologías de calidad a utilizarse en los dos proyectos de tesis. Se asistió a un workshop impartido por el Cimat en la Ciudad de Guanajuato en el mes de febrero, se está estudiando el uso del software Qualica QFD, de igual manera se ha conseguido la bibliografía necesaria para apoyar los trabajos que se están realizando, y se tiene el con un apoyo de asesoría de parte de personal del Cimat. De acuerdo al plan de trabajo de ambos proyectos entre enero y febrero del 2015, se realizará la defensa de grado del primero de ellos, y entre septiembre y octubre del 2015 del segundo de los trabajos. Existe el plan de extender los trabajos en el doctorado de matemáticas. Por el momento aun hay mucho trabajo que realizar en ambos proyectos.

## 28.5 Referencias

Beltrán, J., Carmona, M. A., Carrasco, R., Rivas, M. A. y Tejedor, F. (2009). *Gestión para una Gestión Basada en Procesos*. Recuperado el 5 de noviembre de 2013 de <http://excelencia.iat.es/files/2012/08/2009.Gesti%C3%B3n-basada-procesos-completa.pdf>

Cruz, J. (1997). *Educación y Calidad Total*. México: Grupo editorial Iberoamericano.

Dirección General de Desarrollo Académico, UADY (2014). *Guía para la construcción del perfil de egreso*. Recuperado el 20 de marzo de 2014 de [http://mefi.sel.uady.mx/pluginfile.php/3553/mod\\_label/intro/GUIA%20PARA%20LA%20CONSTRUCCION%20DEL%20PERFIL%20DE%20EGRESO.pdf](http://mefi.sel.uady.mx/pluginfile.php/3553/mod_label/intro/GUIA%20PARA%20LA%20CONSTRUCCION%20DEL%20PERFIL%20DE%20EGRESO.pdf)

Franceschini, F. (2002). *Advanced Quality Function Deployment*. Florida: St. Lucie Press.

Maseda, A. (1999). *Gestión de la calidad*. México: Alfaomega marcombo.

Owlia, M. S. y Aspinwall, E.M. (1998). *Application of Quality Function Deployment for the Improvement in an Engineering Department*. *European Journal of Engineering Education*. 23(1), 105-115. Recuperado el 3 de abril de 2014 de <http://www.tandfonline.com/doi/citedby/10.1080/0304379980230111#tabModule>

Pyzdek, T. y Keller, P. A. (2010). *The Six Sigma Handbook. A complete guide for green belts, black belts, and managers at all levels*. (3a Ed.). Estados Unidos de America: McGraw-Hill.

Zúñiga, F. V. (2003). La gestión de la calidad en la formación profesional. El uso de estándares y sus diferentes aplicaciones. Recuperado el 20 de marzo de 2014 de [www.cinterfor.org.uy](http://www.cinterfor.org.uy)

**Apéndice A . Consejo Editor Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato**

Aguilera Santoyo- Virginia, PhD  
Rectora de la Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato.

Gordillo Sosa- José Antonio, cPhD  
Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato  
Tecnologías de la Información y Comunicación

Contreras Medina-David Israel, cPhD  
Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato  
Ingeniería en Negocios y Gestión Empresarial

Corral García-María del Socorro, MsC  
Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato  
Mecánica y Mantenimiento Área Industrial

Ramírez Cano- Teresa, MsC  
Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato  
Desarrollo de Negocios y Contaduría

Rivas García-Olimpia Liliana, MsC  
Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato  
Coordinación Académica

Moreno Villanueva-Emanuel, MsC  
Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato  
Ingeniería en Metal Mecánica

Pérez Ríos-Miriam Estelina, MsC  
Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato  
Procesos Alimentarios

## **Apéndice B . Consejo Editor ECORFAN**

Ángeles Castro- Gerardo, PhD  
Instituto Politécnico Nacional, Mexico

Guzmán Hurtado- Juan, PhD  
Universidad Real y Pontifica de San Francisco Xavier, Bolivia

Peralta Ferriz- Cecilia, PhD  
Washington University, E.U.A

Yan Tsai- Jeng, PhD  
Tamkang University, Taiwan

Miranda Torrado- Fernando, PhD  
Universidad de Santiago de Compostela, España

Palacio- Juan, PhD  
University of St. Gallen, Suiza

David Feldman- German, PhD  
Johann Wolfgang Goethe Universität, Alemania

Guzmán Sala- Andrés, PhD  
Université de Perpignan, Francia

Vargas Hernández- José, PhD  
Keele University, Inglaterra

Hira- Anil , PhD  
Simon Fraser University, Canada

Villasante – Sebastian, PhD  
Royal Swedish Academy of Sciences, Suecia

Navarro Frómata -Enrique, PhD.  
Instituto Azerbaidzhan de Petróleo y Química Azizbekov, Rusia

Beltrán Morales -Luis Felipe, PhD.  
Universidad de Concepción, Chile

Araujo Burgos -Tania, PhD.  
Universita Degli Studi Di Napoli Federico II, Italia

Pires Ferreira Maranhão- José , PhD  
Federal University of Maranhão, Brasil

Luo- Yongli, PhD  
Wayland Baptist University, Texas

Pacheco Bonrostro- Joaquín, PhD  
Universidad de Burgos, España

García y Moisés– Enrique, PhD  
Boston University, E.U.A

Raúl Chaparro- Germán , PhD  
Universidad Central, Colombia

Ordóñez Gutiérrez -Sergio,PhD.  
Université Paris Diderot , Francia.

Gandica de Roa- Elizabeth, PhD  
Universidad Católica del Uruguay, Montevideo

Segovia Vargas- María , PhD  
Universidad Complutense de Madrid, España

Laguna- Manuel, PhD  
University of Colorado, E.U.A

Salgado Beltrán- Lizbeth, PhD  
Universidad de Barcelona, España

Quintanilla Córdor- Cerapio, PhD  
Universidad Nacional de Huancavelica, Peru

García Espinosa- Cecilia, PhD  
Universidad Península de Santa Elena, Ecuador

Bardey- David, PhD  
University of Besançon, Francia.

Ibarra Zavala-Darío,PhD  
New School for Social Research,E.U.A

Cobos Campos -Amalia, PhD  
Universidad de Salamanca, España

Alvarez Echeverría -Francisco, PhD.  
University José Matías Delgado, El Salvador.

Rocha Rangel -Enrique, PhD  
Oak Ridge National Laboratory, E.U.A

Tutor Sánchez -Joaquín PhD  
Universidad de la Habana, Cuba.

Verdegay Galdeano -José-, PhD  
Universidad de Granada, España.

Ruiz Aguilar -Graciela, PhD  
University of Iowa, E.U.A

Soria Freire -Vladimir, PhD  
Universidad de Guayaquil, Ecuador.

Beltrán Miranda -Claudia, PhD  
Universidad Industrial de Santander, Colombia

**Apéndice C . Comité Arbitral Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato**

Barrón Adame- José Miguel, PhD  
Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato  
Tecnologías de la Información y Comunicación

Ramírez Lemus-Lidia, PhD  
Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato  
Desarrollo de Negocios Área Mercadotecnia

Ramírez Minguela-José de Jesús, PhD  
Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato  
Mecánica Área Industrial

Rosales García-Juan, PhD  
Universidad de Guanajuato  
Ingeniería Eléctrica

Thomson López-Reynaldo, PhD  
Universidad de Guanajuato  
Gestión Empresarial

Gómez Aguilar- José Francisco, PhD  
Universidad Autónoma de México  
Materiales

Córdova Fraga- Teodoro, PhD  
Universidad de Guanajuato  
Físico Médica

Ruiz Pinales- José, PhD  
Universidad de Guanajuato  
Eletrónica

González Parada- Adrián, PhD  
Universidad de Guanajuato  
Ingeniería Eléctrica

Guzmán Cabrera- Rafael, PhD  
Universidad de Guanajuato  
Ingeniería Eléctrica

Ireta Moreno- Fernando, PhD  
Universidad de Guanajuato  
Ingeniería Eléctrica

Arroyo Figueroa- Gabriela, PhD  
Universidad de Guanajuato  
Procesos Agroindustriales

Mercado Flores- Juan, PhD  
Universidad de Guanajuato  
Bioquímica de Alimentos

López Orozco- Melva, PhD  
Universidad de Guanajuato  
Bioquímica de Alimentos

Quintanilla Domínguez-Joel, cPhD  
Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato  
Tecnologías de la Información y Comunicación

Pérez García-Vicente, cPhD  
Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato  
Ingeniería en Metal Mecánica

Aguilar Moreno-Antonio Alberto, cPhD  
Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato  
Mecánica Área Industrial

Rodríguez Muñoz-José Luis, cPhD  
Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato  
Mecánica Área Industrial

Aguirre Puente- José Alfredo, MsC  
Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato  
Tecnologías de la Información y Comunicación

Huerta Mascote- Eduardo Huerta, MsC  
Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato  
Tecnologías de la Información y Comunicación

Rico Moreno- José Luis, MsC  
Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato  
Tecnologías de la Información y Comunicación

Cano Contreras-Martín, MsC  
Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato  
Tecnologías de la Información y Comunicación

Ferrer Almaraz-Miguel Almaraz, MsC  
Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato  
Mecánica Área Industrial

Arreguín Cervantes-Antonio, MsC  
Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato  
Mecánica Área Industrial

Ledesma Jaime-Reynaldo, MsC  
Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato  
Mecánica Área Industrial

Avilés Ferrera-José Josías, MsC  
Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato  
Ingeniería en Mantenimiento Industrial

Mendoza García- Patricia del Carmen, MsC  
Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato  
Desarrollo de Negocios Área Mercadotecnia

Almanza Serrano-Leticia, MsC  
Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato  
Desarrollo de Negocios Área Mercadotecnia

Ramírez Barajas-Alejandro, MsC  
Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato  
Ingeniería en Negocios y Gestión Empresarial

Santamaría Ramírez-Yuridia Guadalupe, MsC  
Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato  
Ingeniería en Negocios y Gestión Empresarial

Uribe Plaza- Guadalupe, MsC  
Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato  
Ingeniería en Negocios y Gestión Empresarial

Silva Contreras-Juan, MsC  
Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato  
Contaduría

Andrade Oseguera-Miguel Ángel, MsC  
Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato  
Contaduría

Ambriz Colín-Fernando, MsC  
Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato  
Mantenimiento Área Industrial

Cano Ramírez-Jaime, MsC  
Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato  
Mantenimiento Área Industrial

Acosta Navarrete-María Susana, MsC  
Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato  
Procesos Alimentarios

Morales Félix-Verónica, MsC  
Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato  
Procesos Alimentarios

Castañeda Ramírez-José Cristóbal, MsC  
Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato  
Procesos Alimentarios

López Ramírez-María Elena, MsC  
Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato  
Agricultura Sustentable y Protegida

Guzmán Sepúlveda-José Rafael, MsC  
Universidad Autónoma de Tamaulipas  
Mecatrónica

Tapia Ortega- José Noé, MsC  
Universidad De La Salle Bajío  
Coordinador de Maestría en Admón. Educativa

Guía Calderón- Manuel, MsC  
Universidad de Guanajuato  
Ingeniería Eléctrica

Hernández Fusilier- Donato, MsC  
Universidad de Guanajuato  
Ingeniería Electrónica

Mosqueda Serrano- Fátima del Carmen, MsC  
Universidad Tecnológica del Norte de Guanajuato  
Gastronomía

Rodríguez Vargas- María de Jesús, BsC  
Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato  
Tecnologías de la Información y Comunicación

Carmona García-Nélida, BsC  
Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato  
Desarrollo de Negocios Área Mercadotecnia

Núñez Ledesma- Marcela Alejandra, BsC  
Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato  
Diseño y Moda Industrial área Producción

Rodríguez Sánchez-Marcos, BsC  
Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato  
Mantenimiento Área Industrial

Maciel Barajas-Gloria Elena, BsC  
Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato  
Procesos Alimentarios

Pérez Rios- Lenin Waldir, BsC  
Universidad Tecnológica del Suroeste de Guanajuato  
Procesos Alimentarios

