



SUBSECRETARÍA DE EDUCACIÓN SUPERIOR
DIRECCIÓN GENERAL DE EDUCACIÓN
SUPERIOR TECNOLÓGICA
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CD.VICTORIA

SECRETARÍA DE
EDUCACIÓN PÚBLICA

SEP

TecnoINTELECTO

Órgano de Divulgación Científica

Una Publicación del Instituto Tecnológico de Cd. Victoria

Volumen 9

No.2

Octubre 2012

ISSN 1665-983X

CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES

Análisis cualitativo y cuantitativo del elemento arbóreo del Instituto Tecnológico de El Salto, Durango. J. A. Nájera-Luna, S. Castañeda-Ramírez, M.A. Morales-Inocente, B. Vargas-Larreta, S. Corral-Rivas y F. Cruz.....1

Determinación de compuestos volátiles en noni (*Morinda citrifolia* L.) mediante micro extracción en fase sólida (SPME) y cromatografía de gases-espectrometría de masas (GC-MS). A. Hernández-Estrada, S. González-Palomares..... 10

Análisis de la calidad del agua y del paisaje del sistema lagunario Chairel. E. Pérez-Arriaga, R. Garza-Flores, S. Canales-Caballero, M. Guevara-Guerrero.....15

Estudio preliminar del efecto del ácido húmico en el cultivo del King grass (*Pennisetum purpureum* L.) en el Centro de la Entidad Tamaulipeca. O.S. Escamilla-Gallegos, J.R. Ruiz-Zavala, B.E. Bautista-Charles & C.O. Bautista-González.....22

Notas sobre el género *Taeniopoda* Stål, 1873 (Orthoptera: Romaleidae). L. Barrientos-Lozano, L. Hernández-Hernández, A.Y. Rocha-Sánchez, J.V. Horta-Vega, P. Almaguer-Sierra.....26

INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA

El arreglo ortogonal L16 y su relación con el diseño factorial fraccionado 2^{k-p} . D. Á. Balderas-Puga.....39

Método de transporte en la gestión de operaciones. J.C. Ramírez-Rodríguez y F. Taracena-Sanz.....47

Construcción de un robot móvil autónomo. L.C. García-Mundo, J.A. Vargas-Enríquez, M.G. Salazar-De León, S.I. Martínez-Guerra, J.E. Medina-Ramírez.....54

NOTA(S) DE DIVULGACIÓN CIENTÍFICA

Ampliación de la distribución de *Acrocinus longimanus* (Coleóptera: Cerambycidae) en la Huasteca hidalguense. E. A. Gálvez-Ruiz, L. A. Hernández-Cortés y O. J. González-Gaona.....63

DIRECTORIO

Dr. Carlos Alfonso García Ibarra

Director General de Educación Superior Tecnológica

Ing. David Zepeda Sánchez

Director

Dra. Araceli Maldonado Reyes

Subdirectora Académica

Lic. Arturo Huesca Benavides

Subdirector de Servicios Administrativos

Ing. Hilario Aguilar Izaguirre

Subdirector de Planeación y Vinculación

COMITÉ EDITORIAL

Instituto Tecnológico de Cd. Victoria

División de Estudios de Posgrado e Investigación

COORDINACIÓN EDITORIAL

Ludivina Barrientos-Lozano, Ph. D.

Pedro Almaguer-Sierra, Dr.

Asistencia Editorial:

INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA

Dr. Alejandro Enrique Dzul López,
División de Estudios de Posgrado e Investigación, Instituto Tecnológico de la Laguna, Torreón, Coahuila.

Dr. Claudio Castellanos Sánchez,
División de Estudios de Posgrado e Investigación, Instituto Tecnológico de Cd. Victoria.

Dr. Miguel Ángel Llama Leal,
División de Estudios de Posgrado e Investigación, Instituto Tecnológico de la Laguna, Torreón, Coahuila.

Dr. Pedro Luis Sánchez Orellana,
División de Estudios de Posgrado e Investigación, Instituto Tecnológico de Cd. Victoria.

CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES

Dr. Alfonso Correa Sandoval,
División de Estudios de Posgrado e Investigación, Instituto Tecnológico de Cd. Victoria, Tam.

Dr. Cipriano García Gutiérrez, CIIDIR-IPN-Unidad Sinaloa.

Dr. Crystian S. Venegas Barrera,
División de Estudios de Posgrado e Investigación, Instituto Tecnológico de Cd. Victoria.

Dr. Gonzalo Guevara Guerrero,
División de Estudios de Posgrado e Investigación, Instituto Tecnológico de Cd. Victoria, Tam.

Dr. Jorge Víctor Horta Vega, División de Estudios de Posgrado e Investigación, Instituto Tecnológico de Cd. Victoria, Tam.

Dr. Juan Carlos Martínez González,
División de Estudios de Posgrado e Investigación, Universidad Autónoma de Tamaulipas.

Dra. Ludivina Barrientos Lozano,
División de Estudios de Posgrado e Investigación, Instituto Tecnológico de Cd. Victoria, Tam.

Dr. Luis Samaniego Moreno, Depto., de Riego y Drenaje, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coah.

Dr. Pablo Octavio Aguilar, División de Estudios de Posgrado e Investigación, Instituto Tecnológico de Cd. Victoria.

Dr. Pedro Almaguer Sierra, División de Estudios de Posgrado e Investigación, Instituto Tecnológico de Cd. Victoria, Tam.

TecnoINTELECTO (ISSN 1665-983X y reserva: 04-2004-072626452400-102) es un órgano de divulgación científica de forma semestral del Instituto Tecnológico de Cd. Victoria, Boulevard Emilio Portes Gil No. 1301, C. P. 87010, Cd. Victoria, Tamaulipas, México; Tels. (834) 153 20 00. El contenido y la sintaxis de los artículos presentados son responsabilidad del autor (es). Editor Principal: División de Estudios de Posgrado e Investigación. Apoyo editorial-informático: **Biól. Aurora Yazmín Rocha Sánchez.** Envío de documentos, consultas y sugerencias al correo electrónico: ludivinab@yahoo.com, almagavetec@hotmail.com. Todos los derechos son reservados y propiedad del Instituto Tecnológico de Cd. Victoria-Sistema Nacional de Educación Superior Tecnológica. TecnoINTELECTO, Vol. 9 No. 2, Cd. Victoria, Tamaulipas, México.

Consultanos en el Índice Latinoamericano www.latindex.org y en el Índice de Revistas Latinoamericanas en Ciencias PERIÓDICA www.dqb.unam.mx/periodica.html



EDITORIAL

TecnoINTELECTO, una revista de divulgación científica resultado del esfuerzo de la División de Estudios de Posgrado e Investigación del Instituto Tecnológico de Ciudad Victoria, con el apoyo del Comité Editorial y la administración del plantel. Nuestra Revista se ha permitido, con regularidad y con cierto equilibrio, un mayor énfasis en el carácter técnico-científico de los artículos publicados hasta ahora, sin descuidar el aspecto de la divulgación propiamente. Es decir, ha logrado incidir no sólo en el aspecto de la difusión de la ciencia sino también en el de la expresión del conocimiento científico original o de nueva generación, lo que le ha permitido llegar a un mayor número de instituciones e investigadores.

Dada la antigüedad, extensión y áreas del conocimiento que se desarrollan en el Sistema Nacional de Educación Superior Tecnológica (SNEST), es necesario que estos esfuerzos de mantener vigente publicaciones periódicas continúen, y que además, se multipliquen.

En este número agradecemos la contribución de los autores del Instituto Tecnológico de El Salto, Durango (ITES); Instituto Tecnológico del Sur de Nayarit; Consejo Estatal de Ciencia y Tecnología de Jalisco; Instituto Tecnológico de Ciudad Victoria, Tamaulipas; Universidad Autónoma de Tamaulipas-Edificio Rectoría; Esc. Secundaria No.3 Prof. Rafael Balandrano B; CEBETIS 236-Cd. Victoria Tam., Instituto Tecnológico de Querétaro.

En espera permanente de contribuciones, reiteramos que las normas editoriales para publicar en **TecnoINTELECTO** pueden consultarse al final de este número.

COMITÉ EDITORIAL
TecnoINTELECTO

ANÁLISIS CUALITATIVO Y CUANTITATIVO DEL ELEMENTO ARBÓREO DEL INSTITUTO TECNOLÓGICO DE EL SALTO, DURANGO

J. A. Nájera-Luna, S. Castañeda-Ramírez, M.A. Morales-Inocente, B. Vargas-Larreta, S. Corral-Rivas & F. Cruz-Cobos

Ingeniería Forestal, Instituto Tecnológico de El Salto (ITES). Mesa del Tecnológico s/n. El Salto Pueblo Nuevo, Durango, México. C.P 34942. jalnajera@yahoo.com.mx

RESUMEN: Para resaltar la importancia del servicio ambiental que prestan los árboles, se realizó la evaluación cuantitativa y cualitativa del elemento arbóreo en el Instituto Tecnológico de El Salto (ITES); para tal efecto, se midieron las características dasométricas de todos los árboles presentes dentro del perímetro del ITES y se recabó información sobre el estado fitosanitario y necesidades de mantenimiento de cada árbol. Los resultados arrojaron la presencia de 369 árboles de diez especies, con dominancia de *Pinus cooperi* (80%). El volumen total árbol se estimó en 270 m³ que equivalen a 109 Mg de materia seca, de los cuales 54.5 Mg corresponden a carbono retenido, lo que indica una limpia de 465.5 millones de m³ de aire como servicio ambiental. Además, se estimó en 21.36 m² el Índice de Sombreado por Estudiante (ISE). Cualitativamente, se observó una afectación en diversos grados de árboles con problemas de ataque por descortezador, necesidades de mantenimiento en forma de podas de seguridad, conformación y tratamientos fitosanitarios.

PALABRAS CLAVE: biomasa, carbono, servicio ambiental, densidad básica, volumen.

ABSTRACT: A quantitative and qualitative evaluation of the arboreal element at the Technological Institute of El Salto, Durango Mexico was carried out to emphasise the importance of environmental services provided by trees. For such purpose, the dasometric characteristics of all trees present inside the perimeter of Technological Institute were measured and information was compiled on plant health and maintenance needs of each tree. The results showed the presence of 369 trees of ten species, dominated by *Pinus cooperi* (80%). The total volume was estimated at 270 m³, equivalent to 109 Mg of dry biomass of which 54.5 Mg corresponded to sequestered carbon indicating a clean of 465.5 million m³ of air as an environmental service. In addition, the Shaded Index by Student (ISE) was estimated at 21.36 m², qualitatively, an affectation in diverse degrees of trees with problems of beetle and maintenance needs of pruning of shape and safety also phytosanitary treatments, was observed.

KEY WORDS: biomass, carbon, environmental service, basic density, volume.

INTRODUCCIÓN

Los árboles son la forma vegetal más característica del paisaje, considerados hoy más como seres vivos que como objetos de composición arquitectónica y urbanística; son generadores de satisfactores y valores sentimentales, culturales e históricos, muchos de ellos subjetivos y por tanto difíciles de cuantificar. Los factores estéticos y ecológicos de los árboles se consideran los más valorados por las personas en virtud de su apariencia y el potencial de propiciar una mayor calidad ambiental ya que pueden inferir en microclimas reduciendo la contaminación, los ruidos, la radiación solar, los vientos, incrementan la disponibilidad de oxígeno y absorben el gas carbónico, aunado a la salud física y mental derivadas de las acciones de

recreación (Caporusso y Fonseca, 2008; De Melo *et al.*, 2007). Sin embargo, existen consideraciones especiales donde los árboles pueden acarrear problemas a la infraestructura arquitectónica y de servicios como los tendidos de la red eléctrica y de comunicación, comprometer la luminosidad de algunos lugares, las raíces pueden afectar seriamente la red hidráulica, las aceras y las estructuras de los edificios, así como el riesgo de caída de partes del árbol dañadas por efecto directo del viento.

Para conocer los riesgos, el estado fitosanitario y de mantenimiento del elemento arbóreo es importante realizar un inventario con el objetivo de detectar las necesidades de mantenimiento y establecer un programa de

manejo y conservación que contemple acciones sobre aplicación de podas de conformación, de seguridad, tratamientos fitosanitarios para evitar o combatir plagas y enfermedades, la remoción o reemplazo de individuos muertos o seriamente afectados que representen un riesgo de diseminación de infestaciones y aquellos que generen un peligro latente a las personas e infraestructura arquitectónica. Con lo anterior, además de contribuir a la permanencia del patrimonio arbóreo, es importante promover la formación de una conciencia ambiental en los seres humanos que les permita convivir con su entorno, preservarlo y transformarlo en función de sus necesidades sin comprometer con ello la posibilidad de las generaciones futuras de satisfacer las suyas (Alea, 2006).

A pesar de que el Instituto Tecnológico de El Salto, Durango, se encuentra enclavado en una de las zonas forestales más ricas e importantes del país, a la fecha no se cuenta con un inventario de los árboles que prosperan dentro del perímetro de la institución, por lo que el objetivo del presente estudio es conocer el valor ambiental del elemento arbóreo del ITES para proponer acciones tendientes a mantener y preservar en buenas condiciones este importante componente del entorno natural, necesario para aspirar a un desarrollo integral con alto sentido del respeto al medio ambiente.

MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Ubicación del área de estudio

El presente estudio se realizó en el Instituto Tecnológico de El Salto, con dirección en Mesa del Tecnológico s/n en la ciudad de El Salto, Pueblo Nuevo, Durango (Figura 1). La ubicación geográfica se encuentra en las coordenadas UTM X= 462731, Y= 2630612.



Figura 1. Instituto Tecnológico de El Salto.

2.1.1 Caracterización fisiográfica

El instituto Tecnológico de el Salto se localiza en el sistema montañoso denominado Sierra Madre Occidental. Las altitudes fluctúan entre 2,600 m. El clima es semi-húmedo templado o semi-frío, que se torna templado o semi-seco en el lado oriental de la sierra. Por su ubicación geográfica, la zona presenta diversas condiciones de vegetación, ocurriendo masas puras de encino y pino y en su mayor parte bosques mezclados de pino-encino. Las especies predominantes son *Pinus cooperi*, *P. durangensis*, *P. leiophylla*, *P. teocote* y *P. ayacahuite*. La estructura del bosque es resultado de segundo y tercer crecimiento y pueden verse en general dos doseles en el estrato arbóreo: ocupando los niveles más altos los pinos, cuya altura alcanza más de 20 metros, y los más bajos con diferentes especies del género *Quercus*. En el estrato inferior, los géneros más frecuentes son *Junniperus*, *Quercus* y *Arbutus* (UCODEFO 6, 1997).

Evaluación cuantitativa del elemento arbóreo

2.1.2 Caracterización dasométrica

Para evaluar el elemento arbóreo, en dos hectáreas de superficie, se realizó un censo del arbolado con diámetro normal mayor a 10 cm presente dentro del perímetro del ITES. Cada árbol se identificó mediante muestras botánicas que fueron cotejadas con el herbario del ITES. La información dasométrica consistió en la recopilación de los siguientes atributos por árbol:

- Diámetro normal

- Altura total
- Altura de inserción de copa
- Largo de copa
- Diámetro de copa

Posteriormente, los árboles se numeraron, georeferenciaron y ubicaron en un Sistema de Información Geográfica para implementar su historial de mantenimiento y actividades de conservación.

2.1.3 Estimación del volumen

El volumen del arbolado de coníferas encontrado dentro del perímetro del Tecnológico, se estimó por medio del modelo biométrico genérico que aplica el Departamento de Servicios Técnicos Forestales del ejido La Victoria, P.N., Durango (TIA, 1998) y cuya expresión matemática es la siguiente:

$$Vol = \beta_1 * (\beta_2 * Dncc^2 * H)$$

Donde:

Vol = Volumen total árbol con corteza (m^3)

β_1 = 5.934051

β_2 = 0.272724

$Dncc$ = Diámetro normal con corteza (cm)

H = Altura total (m)

El volumen de las especies de hojosas se estimó mediante la ecuación de Shumacher-Hall para la región de El Salto, Durango ajustada por Vargas-Larreta *et al.*, (2012) y cuya expresión matemática es:

$$Vol = \beta_0 * Dncc^{\beta_1} * H^{\beta_2}$$

Donde:

Vol = Volumen total árbol con corteza (m^3)

β_0 = 0.000063417

β_1 = 2.108715

β_2 = 0.759205

$Dncc$ = Diámetro normal con corteza (cm)

H = Altura total (m)

2.1.4 Estimación de la biomasa del elemento arbóreo

La biomasa total de los árboles censados, se estimó mediante la conversión del volumen total árbol con corteza a peso seco utilizando la densidad básica de la madera de cada especie; para tal efecto, se utilizaron los valores de densidad básica de la Tabla 1.

Tabla 1. Valores de densidad básica por especie utilizados para convertir el volumen a biomasa.

Especie	Densidad básica (kg/m^3)	Fuente
<i>Pinus cooperi</i>	400	Nájera y Mendoza, (1994)
<i>Pinus leiophylla</i>	410	Calderón, (2008)
<i>Populus sp.</i>	380	Cobas <i>et al.</i> , (2008)
<i>Juniperus deppeana</i>	460	Nájera y García, (2009)
<i>Cupressus sp.</i>	400	Luoga <i>et al.</i> , (1993)
<i>Eucalyptus sp.</i>	490	Tomazello, (1985)
<i>Quercus sideroxylla</i>	630	Nájera <i>et al.</i> , (2007)
<i>Salix sp.</i>	380	Monteoliva <i>et al.</i> , (2002)
<i>Pinus engelmannii</i>	420	García, (2009)
<i>Pseudotsuga menziesii</i>	380	Davel <i>et al.</i> , (2005)

Se conoce por densidad básica de la madera al cociente entre el peso seco al horno (0% de contenido de humedad) y el volumen en estado verde de la madera. Conocida la densidad, es posible determinar el peso de sus constituyentes sólidos, correspondiendo al carbono aproximadamente el 50% de dicho peso (CORMA, s/f).

2.1.5 Estimación del carbono retenido por el elemento arbóreo

Varios autores han utilizado factores para transformar la biomasa a carbono retenido que oscila de 0.45 a 0.53 (Mery y Kanninen, 1998; Maclaren *et al.*, 1994; Lugo y Brown, 1992; Brown *et al.*, 1992; Harold y Hocker 1984). En el presente estudio se utilizó el valor general por defecto de 0.50 toneladas de Carbono/tonelada de biomasa seca que recomienda para los cálculos de biomasa el Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático IPCC (IPCC, 1996).

2.1.6 Estimación de la limpia de aire del elemento arbóreo

Para estimar los metros cúbicos de aire que han limpiado los árboles del ITES a lo largo de su vida, se dividió la cantidad en gramos de carbono retenido por los árboles entre 0.117 gramos, que equivale al peso del carbono en 1 m^3 de aire (CORMA, s/f).

2.1.7 Estimación del sombreado medio de los árboles

Estudiar la calidad ambiental y la calidad de vida de los habitantes por medio de los índices de áreas verdes constituye un importante instrumento de análisis de las condiciones socioambientales de una población de un determinado lugar (Resende *et al.*, 2009). En primera instancia se estimó la Capacidad de

Sombreado Medio de las copas del elemento arbóreo (CSM) mediante la siguiente relación:

$$CSM = \frac{APC}{N}$$

Donde:

CSM = Capacidad de sombreado medio (m²/árbol)

APC= Área de proyección de la copa de los árboles (m²)

N= Número de árboles

El Área de Proyección de la Copa de los Árboles (APC) se estimó mediante la siguiente relación:

$$APC = \frac{\pi}{4} x DPC^2$$

Donde:

APC = Área de proyección de la copa de los árboles (m²)

DPC= Diámetro promedio de la copa de los árboles (m)

2.1.8 Estimación del índice de sombreado por estudiante

Para estimar el Índice de Sombreado por Estudiante (ISE) se utilizó la siguiente relación:

$$ISE = \frac{APC}{Na}$$

Donde:

ISE = Índice de sombreado por estudiante (m²/estudiante)

APC= Área de proyección de la copa de los árboles (m²)

Na= Número de alumnos

Evaluación cualitativa del elemento arbóreo

2.1.9 Evaluación de las condiciones sanitarias, vigor, riesgo y necesidades de mantenimiento del elemento arbóreo

Para conocer las necesidades de mantenimiento de los árboles se consideraron algunas condiciones del Manual Técnico para la Poda, Derribo y Trasplante de Árboles y Arbustos de la Ciudad de México (GDF-BID-SMA, 2000), mediante los siguientes criterios:

- Requiere poda de mantenimiento en algunas ramas para mantener la conformación de la copa.
- Requiere poda de sanidad para eliminar partes del árbol atacadas por plagas o enfermedades.
- Requiere poda de seguridad para minimizar la posibilidad de daños a los transeúntes.
- Requiere protección para sellar heridas superficiales en la corteza.

- Se requiere la sustitución del individuo debido a muerte por plaga o enfermedad.
- Se requiere la sustitución del individuo debido a posibles daños a la infraestructura.

Para evaluar la condición de vigor y de los componentes de los árboles se consideraron los siguientes aspectos:

Fuste:

- Sano y sólido.
- Corteza desprendida.
- Presencia de huecos o quemaduras.

Sanidad del arbolado:

Para determinar la condición fitosanitaria de los árboles se siguió lo indicado por el Manual de Sanidad Forestal (CONAFOR, 2007), considerando las siguientes condiciones:

- Sin plaga o enfermedad
- Ataque de una plaga o enfermedad
- Ataque simultáneo por dos o más tipos de plaga o enfermedad

Copa:

- Copa completa y balanceada
- Copa incompleta y desbalanceada

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis cuantitativo del elemento arbóreo

2.1.10 Caracterización dasométrica

Se registraron 369 árboles de 10 especies dentro del Tecnológico, representadas en las familias Pinaceae, Cupresaceae, Fagaceae, Salicaceae y Myrtaceae, de las cuales *Pinus cooperi* es la dominante con el 80% de los árboles, mientras que *P. leiophylla*, *Populus* sp, *Juniperus deppeana*, *Cupressus lindleyi*, *Eucalyptus* sp, *Quercus sideroxyla*, *Pinus engelmannii*, *Pseudotsuga menziesii* y *Salix* sp representaron en conjunto el 20% de los árboles (Figura 2).

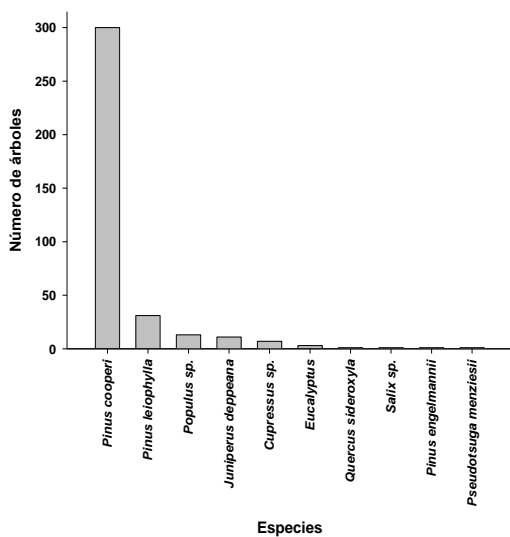


Figura 2. Distribución de los árboles por diversidad y abundancia.

2.1.11 Volumen por categoría diamétrica

El volumen total árbol estimado para los 369 árboles censados fue a 270 m³, de los cuales el mayor porcentaje se concentra en la categoría de 31 a 40 cm (45%), seguido por los árboles de la categoría de 41 a 50 cm con 27%, mientras que el 28% se encuentran dentro de las categorías restantes (Figura 3).

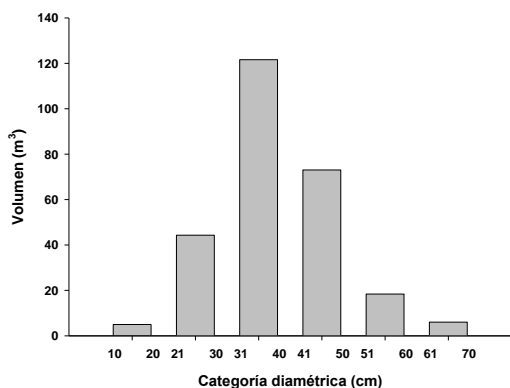


Figura 3. Volumen de los árboles por categoría diamétrica.

2.1.12 Biomasa y carbono retenido

Se estimó en 108.9 Mg la biomasa de los 369 árboles censados la cual equivale a 54.4 Mg de carbono retenido. El resultado indica que cada metro cúbico de madera puede fijar el carbono contenido en 1.7 millones de metros

cúbicos de aire por lo que los árboles del Tecnológico de El Salto han limpiado hasta el momento 465.5 millones de m³ de aire (Cuadro 2). Para poner en perspectiva el resultado, se considerará que el consumo diario de aire de una persona es de 15 m³, con el aire que han limpiado los árboles del Tecnológico se tendrían cubiertas las necesidades de aire para 85,000 personas por todo un año. De ahí la importancia de conservar y mantener el elemento arbóreo.

Tabla 2. Biomasa, carbono retenido y limpia del aire por especie.

Especie	Árboles (n)	Biomasa total (kg)	Carbono retenido (kg)	Limpia de aire (m ³)
Pinus cooperi	300	90,366.32	45,183.16	386'180,846.15
Pinus leiophylla	31	13,512.83	6,756.41	57'747,115.38
Populus sp.	13	1,935.38	967.69	8'270,846.15
Juniperus deppeana	11	366.902	183.45	1'567,957.26
Cupressus sp.	7	620.42	310.21	2'651,346.15
Eucalyptus sp.	3	325.683	162.84	1'391,807.69
Quercus sideroxyla	1	1,684.62	842.31	7'199,222.22
Salix sp.	1	48.848	24.42	208,752.14
Pinus engelmannii	1	63.949	31.97	273,286.32
Pseudotsuga menziesii	1	12.893	6.45	55,098.29
Total	369	108,937.83	54,468.91	465'546,277.78

2.1.13 Sombreado medio e índice de sombreado

Se estimó en 11,234.31 m² la cobertura de los 349 árboles vivos dentro del Tecnológico lo cual corresponde a una Capacidad de Sombreado Medio (CSM) de 32.19 m². La matrícula actual de alumnos es de 538 por lo que corresponde entonces un Índice de Sombreado por Estudiante (ISE) de 21.36 m²/estudiante. Resende *et al.* (2009), analizaron los índices de áreas públicas por habitante en Aracaju, Sergipe, Brasil, mediante el levantamiento de áreas de cobertura vegetal. De acuerdo con los resultados que obtuvieron, ningún barrio de la ciudad que evaluaron alcanzó los 15 m² de cobertura vegetal por habitante siendo los valores más grandes encontrados de 5.7 m²/habitante. De acuerdo con Cavalheiro y Del Picchia (1992), la Organización de las Naciones Unidas (ONU), la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) y la Organización Mundial de la Salud (OMS), recomiendan que las ciudades deben disponer un mínimo de 12 m² de cobertura vegetal por habitante considerado un valor ideal para mejorar la calidad de vida de la población, por

lo que este índice se rebasa hasta un 44% en el Tecnológico de El Salto.

Análisis cualitativo del elemento arbóreo

2.1.14 Estado fitosanitario del arbolado

De los 369 árboles censados, 272 se encuentran sin evidencia de ataques de plagas o enfermedades; 77 árboles son atacados por descortezador y 20 árboles se encuentran muertos en pie (Figura 4).

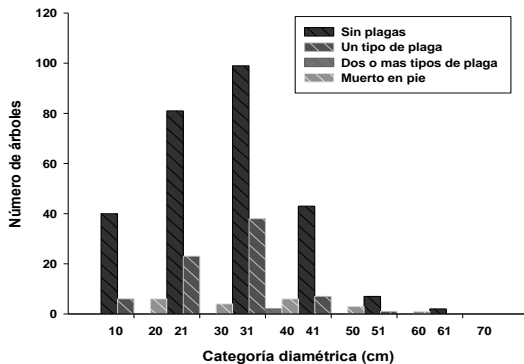


Figura 4. Estado fitosanitario del arbolado por categoría diamétrica.

Debido a la presencia de grumos de resina en el fuste y/o ramas que se tornan de suaves a duros en coloración rojiza, el cambio de coloración del follaje de verde a rojizo y sobre todo la presencia de galerías en la corteza interna (Figura 5), se determinó que este efecto es propio del descortezador del pino *Dendroctonus mexicanus* (CONAFOR, 2007) el cual se distribuye ampliamente en la región.



Figura 5. Ataque por descortezador.

De acuerdo con Brazolin (2009), la principal causa del potencial de caída de los árboles o

sus partes, es por efecto directo de organismos biodegradadores de la madera como hongos, insectos y bacterias los cuales ingresan en las plantas por medio de heridas no tratadas, daños mecánicos que provocan el desprendimiento de corteza y sobre todo, por podas mal hechas. El riesgo de caída de un árbol es mayor en áreas muy transitadas, debido a una mayor posibilidad de alcanzar algún transeúnte, ésta caída puede ser causada por fuertes lluvias, ráfagas irregulares de viento, o raíces inestables (Sampaio *et al.*, 2010).

2.1.15 Necesidades de mantenimiento al estrato arbóreo

Se determinó que 292 árboles tienen necesidad de algún tipo de mantenimiento de las cuales, 86 requieren podas para la conformación de copa; 78 necesitan una poda de seguridad debido al riesgo de provocar un accidente a los transeúntes por el desprendimiento de ramas muertas; 44 de tratamientos de protección para sellar heridas donde potencialmente pueden ingresar patógenos e insectos; 41 están ocasionando daños a la infraestructura consistente en el levantamiento de banquetas por las raíces; 34 deben sustituirse debido a que se encuentran muy afectados por ataque de descortezador; 9 presentan golpes, quemaduras y huecos que deben ser tratados en forma inmediata. De igual forma, 25 árboles de los 292 afectados requieren mantenimiento en forma simultánea, como podas de conformación y de seguridad (Figura 6).

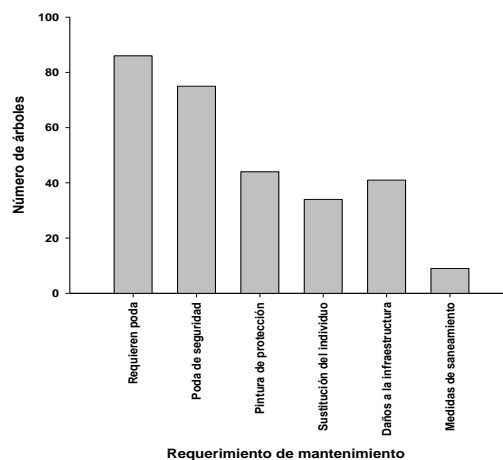


Figura 6. Mantenimiento requerido por el elemento arbóreo.

2.1.16 Condición de sanidad del fuste de los árboles

Se encontraron 30 árboles que presentan desprendimiento de corteza; 30 tienen huecos provocados por podas mal realizadas y 20 se encuentran muertos en pie (Figura 7).

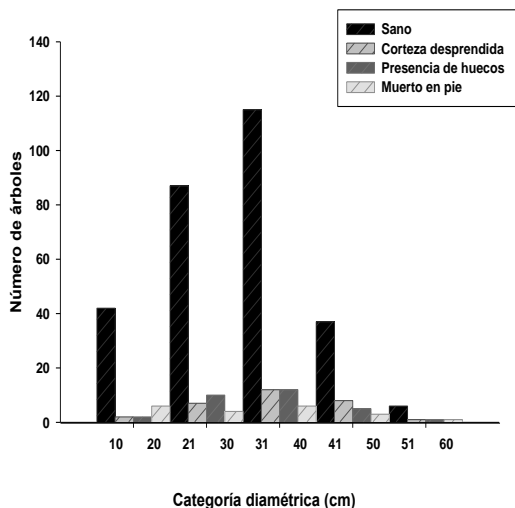


Figura 7. Condiciones del fuste del elemento arbóreo.

2.1.17 Condición de la copa de los árboles

113 árboles presentan una copa completa y balanceada; 175 la tienen incompleta y desbalanceada y 61 tiene la copa completa y desbalanceada (Figura 8).

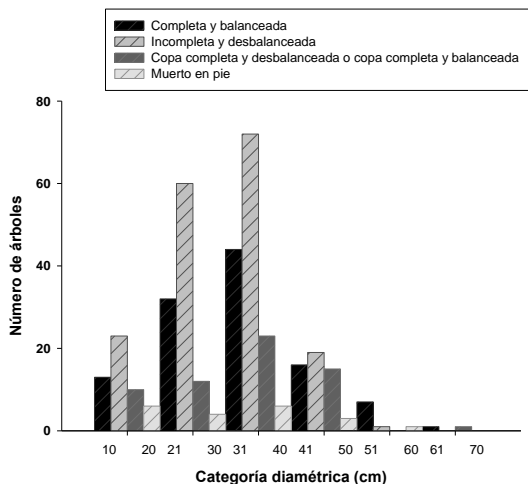


Figura 8. Condición de la copa del elemento arbóreo.

CONCLUSIONES

- Se encontraron 369 árboles pertenecientes a diez diferentes especies y cinco familias botánicas prosperando en el Tecnológico de El Salto, de las cuales *Pinus cooperi* domina con el 80%.
- El volumen total árbol se estimó en 270 m³ que convertidos a biomasa representan 108.9 Mg de materia seca que a su vez retiene 54.4 Mg de carbono con lo que se han limpiado 465.5 millones de m³ de aire.
- El Tecnológico de El Salto presenta una Capacidad de Sombreado Media (CSM) de 32.19 m² y un Índice de Sombreado por Estudiante (ISE) de 21.36 m²/estudiante rebasando en 44% lo recomendado por la ONU, FAO y OMS.
- De los 369 árboles contabilizados, 20 se encuentran muertos en pie, 77 presentan afectaciones por *Dendroctonus mexicanus* en diverso grado, por lo que es importante implementar un programa de manejo y recuperación del elemento arbóreo puesto que es alto el índice de afectación por plaga, ya que hasta ahora representa el 22% y puede incrementarse debido a los problemas de sequía de la región.
- El 84% de los árboles requieren mantenimiento entre podas de conformación y seguridad, tratamiento de heridas, reemplazo de individuos por daños a la infraestructura lo cual es muy alto y costoso.

LITERATURA CITADA

- Alea G.A. 2006. Diagnóstico y potenciación de la educación ambiental en jóvenes universitarios. *Odiseo, Revista Electrónica de Pedagogía*, 3(6):1-29.
- Brazolin S. 2009. Biodeterioração, anatomia do lenho e análise de risco de queda de árvores de tipuana, *Tipuana tipu* (Benth.) O. Kuntze, nos passeios públicos da cidade de São Paulo. Tese de Doutorado em Recursos Florestais. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" Universidade de São Paulo, Brasil. 265 pp.
- Brown S., Lugo A. E., Wisniewski J. 1992. Missing carbon dioxide. *Science*, 257:11.

- Calderón M.E. 2008. Estudio tecnológico en la madera de *Pinus ayacahuite* y *P. teocote* del ejido Pueblo Nuevo, Durango. Tesis de Maestría en Ciencias. Instituto Tecnológico de El Salto. 115 p.
- Caporusso D., Fonseca M. 2008. Áreas verdes urbanas: avaliação e proposta conceitual. *In: 1er Simposio en Posgraduacao en Geografia do Estado de Sao Paulo. SIMPGEO/SP, Rio Claro, 19-20 de novembro de 2008. Campus Vela Vista-Unesp-Sao Paulo, Brasil. 71-87 pp.*
- Cavalheiro F., Del Picchia P.C.D. 1992. Áreas verdes: conceitos, objetivos e diretrizes para o planejamento. *In: IV Encontro Nacional Sobre Arborização Urbana, Vitória/ES 13-18 set 92. Anais. 29-38 pp.*
- Cobas A.C., Monteoliva S., Area M.C. 2008. Variación anual de la densidad básica de la madera de álamo y producción de madera juvenil- madura. *In: V Congreso Iberoamericano de Investigación en Celulosa y Papel 2008, CIADICYO Octubre 2008, Guadalajara, Jalisco, México, Departamento de Madera, Celulosa y Papel, Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingeniería Universidad de Guadalajara. 9 p.*
- CONAFOR (Comisión Nacional Forestal). 2007. Manual de Sanidad forestal. Primera edición. 76 p.
- CORMA (Corporación Chilena de la Madera). s/f. La captura de carbono, un proceso vital para la mantención de la vida. Material elaborado por Fundación Chile para el Ministerio de Educación. Disponible en: (http://www.chilepaisforestal.cl/_file/file_367_62491pf_impa_ficha_la_captura.pdf). Consultado el 03 de junio de 2011.
- Davel M.M., Jovanovski A., Mohr D. 2005. Densidad básica de la madera de pino oregón y su relación con las condiciones de crecimiento en la Patagonia Andina Argentina. *Bosque*, 26(3): 55-62.
- De Melo R.R., De Lira J.A., Júnior F.R. 2007. Diagnóstico qualitativo e quantitativo da arborização urbana no bairro Bivar Olinto, Patos, Paraíba. *Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana*, 2(1):64-80.
- García R.P. 2009. Propiedades físico-mecánicas de *Pinus engelmannii* y *Pinus douglasiana* de la región de El Salto, Pueblo Nuevo, Durango. Tesis de Maestría en Ciencias. Instituto Tecnológico de El Salto. 76 p.
- GDF-BID-SMA (Gobierno del Distrito Federal-Banco Interamericano de Desarrollo-Secretaría del Medio Ambiente). 2000. Manual técnico para la poda, derribo y trasplante de árboles y arbustos de la ciudad de México. Primera edición. Deseret Impresiones. México, D.F. 166 p.
- Harold W., Hocker J. 1984. Introducción a la biología forestal A.G.T Editores. 433 p.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 1996. IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Land-use change and forestry. Guidelines for National Green house Gas Inventories: Reference Manual (Chapter 5). 22 p.
- Lugo A. E., Brown S. 1992. Tropical forests as sinks of atmospheric carbon. *Forest Ecology and Management* 48: 69-88.
- Luoga E., Chamshama S., Iddi S. 1994. Survival, growth, yield and wood quality of a species and provenance trial of *Cupressus lusitanica*, *Cupressus lindleyi* and *Cupressus benthamii* at Hambalawei, Lushoto, Tanzania. *Silvae Genetica*, 43(4):190-195.
- Maclaren J., Hollinger D., Beets P., Turland J. 1994. Carbon sequestration by New Zealand's plantation forests, in: Kanninen, M. (ed.). Carbon Balance of World's forested ecosystems: towards a global assessment. Helsinki, Publications of the Academy of Finland 3/93: 201-214.
- Mery G. & Kanninen M. 1998. Las plantaciones forestales y el secuestro de carbono en Chile. Primer Congreso Latinoamericano IUFRO Valdivia Chile. 14 p.
- Monteoliva S., Senisterra G., Marquina J., Marlats R., Villegas S. 2002. Estudio de la variación de la densidad básica de la madera de ocho clones de sauce (*Salix* spp.). *Rev. Fac. Agron.*, 105(1):77-82.
- Nájera J.A., Escárpita J. L., Honorato J. A., Hernández F.J., Graciano J.J., De La Cruz R.

2007. Propiedades físico-mecánicas de la madera en *Quercus sideroxylo* Hump & Bonpl., de la región de El Salto, Durango. *TecnolNTELECTO* 4(1): 13-18.
- Nájera J.A. & García P. 2009. Propiedades físicas de la madera en *Juniperus deppeana* y *Arbutus xalapensis* de la región de El Salto, Durango. *TecnolNTELECTO* 6(1): 37-41.
- Nájera J.A. & Mendoza T.H. 1994. Características físicas y mecánicas de dos especies de coníferas y de la región de El Salto P.N. Durango. Tesis Profesional. Instituto Tecnológico Forestal No 1. México. 214 p.
- Resende W.X., Souza H.T.R., Souza R.M. 2009. Índice de áreas verdes públicas: uma avaliação fitogeográfica da qualidade ambiental em Aracaju. *In: Anais do 8º Simpósio Brasileiro de Geografia Aplicada, Viçosa, Brasil.* 20 p.
- Sampaio A.C.F., Duarte F.G., Silva E.G.C., De Angelis B.L.D., Blun C.T. 2010. Avaliação de árvores de risco na arborização de vias públicas de Nova Olímpia, Paraná. *Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana*, 5(2):82-104.
- TIA (Técnica Informática Aplicada). 1998. Programa de Manejo Forestal 1997-2007. Ejido Forestal La Victoria Municipio de Pueblo Nuevo, Durango. 8-18 pp.
- Tomazello F.M. 1985. Variação radial da densidade básica e da estrutura anatomica da madeira do *Eucalyptus gummifera*, *E. microcorys* e *E. pilularis*. *IPEF* (30):45-54.
- UCODEFO 6 (Unidad de Conservación y Desarrollo Forestal). 1997. Memoria general de predios del programa de manejo forestal 1997-2007. El Salto, Durango, México. 207 p.
- Vargas-Larreta B., Cruz-Cobos F., Corral-Rivas J.J., Luján-Soto J.E. 2012. Validación y calibración del sistema biométrico utilizado en la elaboración de los programas de manejo forestal maderable de la UMAFOR 1008 "El Salto" (Informe Técnico). Instituto Tecnológico de El Salto. Facultad de Ciencias Forestales UJED, Unidad de Prestación de Servicios Ejidales (UPSE). El Salto, Durango, México. 45 p.

DETERMINACIÓN DE COMPUESTOS VOLÁTILES EN NONI (*Morinda citrifolia* L.) MEDIANTE MICROEXTRACCIÓN EN FASE SÓLIDA (SPME) Y CROMATOGRAFÍA DE GASES-ESPECTROMETRÍA DE MASAS (GC-MS)

A. Hernández-Estrada¹ & S. González-Palomares²

¹Instituto Tecnológico del Sur de Nayarit. Carr. Jala-Ahuacatlán Km. 5.5. Jala, Nayarit. México. C.P. 48850. ²Consejo Estatal de Ciencia y Tecnología de Jalisco. López Cotilla 1505 Torre Seproe 2d., piso Col. Americana, Guadalajara, Jalisco. México. C.P. 44140, alejandrohernandezestrada@gmail.com chava1142@yahoo.com.mx

RESUMEN: En la identificación de los compuestos volátiles influyen por una parte, el estado de maduración, genotipo, condiciones climáticas y de almacenamiento del cultivo, y por otro el método utilizado para la preparación de la muestra y de las condiciones en los análisis cromatográficos. El presente estudio es una contribución al análisis de compuestos volátiles del noni (*Morinda citrifolia* L.) extraídos mediante la microextracción en fase sólida (SPME) y analizados con cromatografía de gases-espectrometría de masas (GC-MS). Se evaluaron dos fibras, Polidimetilsiloxano/Divinilbenceno (PDMS/DVB, 65µm) y Divinilbenceno/Carboxen/Polidimetilsiloxano (DVB/CAR/PDMS, 50/30 µm), para comparar la extracción de componentes. Entre los 19 compuestos volátiles recuperados en el noni, se identificaron ácidos orgánicos, aldehídos, ésteres y compuestos fenólicos. Hubieron diferencias significativas ($P < 0,05$) entre las fibras analizadas. La comparación de las dos fibras mostró que la extracción con la fibra DVB/CAR/PDMS es aparentemente mejor tanto en el número de componentes aislados como en la concentración total de los compuestos. Cuantitativamente, el componente más importante fue el ácido caprílico, seguido por el palmitato de etilo.

PALABRAS CLAVE: Aldehídos, ésteres, compuestos fenólicos, ácido caprílico, palmitato de etilo.

ABSTRACT: Several factors influence in identifying volatile compounds, on one hand the state of maturation, genotype, weather conditions and crop storage, and secondly the method used for sample preparation and chromatographic analysis conditions. This study is a contribution to the analysis of volatile compounds of noni (*Morinda citrifolia* L.) extracted with solid phase microextraction (SPME) and analyzed with gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS). Two SPME fiber coatings were evaluated in order to compare the extraction of components: Polydimethylsiloxane/Divinylbenzene (PDMS/DVB, 65 µm) and Divinylbenzene/Carboxen/Polydimethylsiloxane (DVB/CAR/PDMS, 50/30 µm). Among the 19 volatile compounds detected, organic acids, aldehydes, esters and phenolic compounds were identified. There were significant ($P < 0,05$) differences between the two analyzed fibers: DVB/CAR/PDMS fiber was apparently superior with respect to the number of components isolated as well as the total concentration of compounds. Quantitatively, the most important component was caprylic acid, followed by ethyl palmitate.

KEY WORDS: Aldehydes, esters, phenolic compounds, caprylic acid, ethyl palmitate.

1. INTRODUCCIÓN

Desde la antigüedad hasta hoy en día, los usos más importantes del noni, han sido por sus propiedades medicinales. Al noni se le han atribuido propiedades antioxidantes, digestivas, capacidad para mejorar el sistema inmune, así como también propiedades antidiabéticas y anticancerígenas (Heinicke, 1985; McClatchey, 2002; Chunhieng *et al.*, 2005; Katharina *et al.*, 2007). En diversos países, la disposición comercial del noni es principalmente en frutas y en extracto. El sabor característico del noni es

ácido o amargo y es generado por compuestos volátiles y no volátiles (Sang *et al.*, 2001; Potterat y Hamburger, 2007; González y Vázquez, 2008).

Los compuestos volátiles de frutas de noni, pueden ser formados como parte del metabolismo secundario de estas plantas, mediante precursores de compuestos no volátiles, por daños físicos del material vegetal o la exposición al calor que propicia la degradación térmica de lípidos y carbohidratos

(Morton, 1992; Wang *et al.*, 2002; Stadlbauer *et al.*, 2005; Marín y Céspedes, 2007; Westendorf *et al.*, 2007).

Los compuestos volátiles identificados en frutas de noni pueden variar con base en las condiciones agronómicas y climatológicas en las que se produjeron. También puede variar la identificación de estos compuestos con base en el método utilizado para la preparación de la muestra, así como en las condiciones en los análisis cromatográficos (Marín y Céspedes, 2007; González y Vázquez, 2008; González *et al.*, 2009).

González y Vázquez (2008), caracterizaron 21 compuestos aromáticos en fruta de noni de La Huerta, Jalisco, México mediante extracción líquido-líquido, extracción-destilación simultánea y cromatografía de gases. Los compuestos que encontraron los clasificaron en ácidos, aldehídos, ésteres y diversos. Además, mencionaron que los métodos de extracción tienen efecto en la identificación y cuantificación de compuestos del noni. Por su parte, González y Hernández (2008), realizaron una evaluación físico-química y microbiológica durante el almacenamiento de un concentrado de noni y comentaron que no hubo crecimiento microbiano en el producto debido a la acidez que contienen estas frutas, así como a ciertos compuestos fenólicos que además contribuyen a la generación del aroma y sabor característico de esta fruta (Armando *et al.*, 2012; González y Hernández, 2008).

Debido a estas razones y asociado a que diversos usos alimenticios y medicinales del noni dependen de su composición volátil, el presente estudio pretende contribuir en la identificación de compuestos aromáticos mediante microextracción en fase sólida (SPME) y cromatografía de gases - espectrometría de masas (GC-MS).

2. OBJETIVOS

El objetivo del trabajo fue evaluar dos fibras de extracción de compuestos volátiles de noni (*Morinda citrifolia* L.) mediante microextracción en fase sólida con base en su determinación y cuantificación en un cromatógrafo de gases y espectrómetro de masas.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron frutas de noni procedentes de un mercado local de La Huerta, Jalisco, México, las cuales fueron seleccionadas en un estado blanco-firme (Figura 1), momento adecuado para la producción de jugo (Armando *et al.*, 2012). Se elaboró un extracto de noni en una solución acuosa mediante maceración dinámica. La concentración del extracto se midió en un refractómetro ATAGO® que indicó 12°B.



Figura 1. Frutos de noni cosechados en estado blanco-firme.

3.1 Microextracción en fase sólida (SPME)

En este extracto de noni se evaluaron dos fibras de aislamiento de compuestos volátiles por SPME: a) Fibra Azul (FA) de 65 μm , de polidimetilsiloxano/divinilbenceno (PDMS/DVB), y b) Fibra Gris (FG) de 50/30 μm de divinilbenceno/carboxen/polidimetilsiloxano (DVB/CAR/PDMS). Estos tratamientos se evaluaron con nueve repeticiones ($n=9$). El procedimiento de la SPME fue el siguiente. En cada muestra se usó un vial de 40 ml de capacidad, con tapa de rosca y septa interior. En el vial se depositaron 20 ml del extracto, se cerró herméticamente utilizando una septa politetrafluoretileno-silicón y se estabilizó en un termobañó a 60°C. A los 30 minutos de calentamiento de la muestra contenida en el vial, -se introdujo en su espacio de cabeza-, una fibra (según el tratamiento) montada en un holder. La fibra se usó para la adsorción de los compuestos volátiles. Después de 30 min de introducida la fibra, se retiró del vial y se realizó la inyección manual en un cromatógrafo de gases con un tiempo de desorción de 6 min por muestra (Cuevas-Glory *et al.*, 2008; González *et al.*, 2009). El holder, jeringa, fibras y viales para SPME se consiguieron en la Compañía SUPELCO® (Bellefonte, P.A., USA.).

3.2 Cromatografía de gases - espectrometría de masas (GC-MS)

Las muestras se analizaron en un cromatógrafo de gases HP-6890 ®, acoplado a un detector selectivo de Masas HP-5973 ® (GC-MS), equipado con una columna cromatográfica RTX-5 ® de 30 m de longitud, 0.25 mm de diámetro y 0.50 µm de espesor de la fase estacionaria (Restek Corp., Norwalk, USA.). Las condiciones en que se analizaron las muestras en el equipo fueron: temperatura del inyector de 180 °C, temperatura del detector de 240 °C, temperatura inicial de 40 °C por 3 minutos, flujo de 1 ml de helio por minuto (gas acarreador) y una presión de 3 psi (Cuevas-Glory *et al.*, 2008; González *et al.*, 2009).

3.3 Identificación y cuantificación de compuestos volátiles

La identificación de los compuestos volátiles se realizó mediante la comparación espectral de los picos del cromatograma de iones totales con los compuestos de referencia de una biblioteca Wiley 275L. La cuantificación de los compuestos volátiles del noni se realizó con base en el porcentaje de área de cada pico del cromatograma correspondiente a cada compuesto volátil (González *et al.*, 2009).

3.4 Análisis estadístico

Se aplicó una prueba de "t de Student" ($p \leq 0.05$) para comparar las dos fibras de extracción con base en las recuperaciones cuantitativas de compuestos volátiles caracterizados en fruta de noni (n=9). Los grados de libertad fueron 19, el valor de t 2.09 y la p calculada fue de 0.008.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el presente trabajo se determinaron 19 compuestos volátiles de frutas de noni de La Huerta, Jalisco, México (Tabla I). Estos compuestos aromáticos se caracterizaron en cromatografía de gases - espectrometría de masas mediante dos fibras utilizadas durante la microextracción en fase sólida. El compuesto mayoritario en este estudio del noni es el ácido caprílico (ácido graso de ocho carbonos).

Se concordó con González y Vázquez (2008), en la mayoría de la caracterización de compuestos, a excepción del benzaldehído, eugenol y 1-butanol. Estas similitudes se deben a que en ambos estudios se utilizaron frutas de noni de la misma variedad y procedencia. Las

discrepancias se deben principalmente a que se usaron diferentes métodos de extracción de componentes. En este estudio se utilizó SPME. Por su parte, González y Vázquez (2008), emplearon la extracción líquido - líquido y extracción - destilación simultánea.

Tabla 1. Compuestos volátiles en noni por SPME/GC-MS (n=9).

Nombre del compuesto:	Cuantificación (% de área):	
	-Fibra Azul	-Fibra Gris
<i>*Ácidos</i>		
1. Caproico	0.19	2.08
2. Caprílico	3.28	6.30
3. Ursólico	--	1.40
4. Aspártico	--	1.21
<i>*Aldehídos</i>		
5. Malondialdehído	0.75	3.22
6. Benzaldehído	2.00	3.02
<i>*Ésteres</i>		
7. Decanoato de etilo	1.98	3.11
8. Palmitato de etilo	1.75	3.33
9. Octanoato de etilo	--	1.32
<i>*Diversos</i>		
10. Cicloartenol	0.50	2.31
11. beta-Sitosterol	0.56	2.21
12. Damnacanthal	0.98	2.77
13. Morindona	1.11	2.32
14. Morindina	--	2.31
15. Rubiadina	--	2.11
16. Eugenol	--	2.21
17. 1-Butanol	--	2.04
18. Alizarina	--	2.00
19. Morindadiol	--	2.01
Compuestos:	10	19

Es importante denotar que mediante la Fibra Gris se identificaron un mayor número de compuestos volátiles del noni y con una concentración superior comparado con lo analizado con la Fibra Azul. Se determinó mediante el análisis estadístico que hubo diferencia significativa ($p \leq 0.05$) entre las fibras de aislamiento de compuestos volátiles de noni (Fibra Azul y Fibra Gris). La evaluación fue con base en el número y concentración de los compuestos volátiles detectados. En este método de SPME, la Fibra Gris fue más adecuada con base en la mayor cuantificación total de compuestos volátiles del noni.

La SPME se basa principalmente en la partición de los analitos entre la matriz de la

muestra y el recubrimiento de la fibra. Así, comenzó el transporte de los analitos desde la matriz de la muestra del noni hasta la fibra, cuando ésta entró en contacto en el espacio de cabeza del vial. La extracción de los analitos en las fibras es un proceso exotérmico.

La mayoría de estos compuestos volátiles identificados en fruta de noni tienen interacciones entre la planta y los insectos en el medio ambiente durante su ciclo de producción. Esto es muy importante en los sistemas de defensa, protección y en algunos casos, atracción para algunos insectos polinizadores. Además, al consumir esta fruta de noni, los compuestos volátiles caracterizados, en conjunto con otros compuestos denominados no volátiles generan principalmente propiedades antioxidantes, antimicrobianas, su aroma y sabor característico (Marín y Céspedes, 2007). La identificación de compuestos volátiles en las frutas depende de muchos factores, como son, las condiciones de producción, el manejo postcosecha, los métodos de extracción y cromatográficos utilizados (González y Vázquez, 2008). En este trabajo se contribuye en la generación de conocimiento científico al caracterizar algunos de los compuestos volátiles de fruta de noni de La Huerta, Jalisco mediante SPME – GC-MS.

Esta investigación induce también a la generación de futuros trabajos con aplicaciones en la industrialización de alimentos. Por ejemplo, se recomienda estudiar la estabilidad de los compuestos volátiles durante los procesos térmicos de las frutas, y con ello conservar propiedades sensoriales y medicinales. Como lo mencionan, González *et al.*, (2009), existe efecto de la temperatura durante el secado de algunos alimentos, lo que origina cambios sensoriales. Debido a estas razones, aunado a la complejidad de la caracterización de compuestos, es importante la continuidad de la investigación sobre los compuestos volátiles que contienen las frutas para posteriormente poder estudiar su conservación y así mantener sus características naturales.

5. CONCLUSIONES

Las fibras de extracción en SPME difieren en la separación de compuestos volátiles del noni.

Los compuestos volátiles del noni se aislaron por afinidad química con el material del que está formado cada fibra. Mediante el uso de la Fibra Gris, hubo mayor identificación y cuantificación de compuestos volátiles del noni, debido a que existió una máxima relación de atracción química entre ambos (compuestos del noni y componentes de la fibra).

6. LITERATURA CITADA

- Armando, U.J., Rosas, P.U., Ramírez, R.J.C. y Ulloa, R.B.E. 2012. El noni: propiedades, usos y aplicaciones potenciales. *Revista Fuente*, 4(10), 44-49.
- Chunhieng, T., Hay, L. y Montet, D. 2005. Detailed study of the juice composition of noni (*Morinda citrifolia*) fruits from Cambodia, *Fruits*, 60, 13-24.
- Cuevas-Glory, L.F., Ortiz-Vázquez, E., Centurión-Yah, A., Pino, A.J.A. y Sauri-Duch, E. 2008. Desarrollo de un método por microextracción en fase sólida para el análisis de la fracción volátil de la miel de abeja de Yucatán, *Técnica Pecuaria México*, 46(4), 387-395.
- González, P.S., Estarrón, E.M., Gómez, L.J.F. y Andrade, G.I. 2009. Effect of the Temperature on the Spray Drying of Roselle Extracts (*Hibiscus sabdariffa* L.), *Journal Plant Foods for Human Nutrition*, 64(1), 62-67.
- González, P.S. y Hernández, E.A. 2008. Evaluación físico-química y microbiológica durante el almacenamiento de un concentrado de noni (*Morinda citrifolia* L.), *Boletín de ConCIENCIA y Tecnología*, 4, 11-17.
- González, P.S. y Vázquez, G.E.S. 2008. Caracterización de compuestos aromáticos en fruta de noni (*Morinda citrifolia* L.), *Boletín de ConCIENCIA y Tecnología*, 3, 21-26.
- Heinicke, R.M. 1985. The pharmacologically active ingredient of Noni, *Bulletin Pacific Tropical Botanical Garden (USA)*, 15(1), 10-14.
- Katharina, J., Hassan, E. y Simla, I. 2007. Toxicological and analytical investigations of noni (*Morinda citrifolia*) fruit juice, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55(2), 529-537.

- Marín, L.J.C. y Céspedes, C.L. 2007. Compuestos volátiles de plantas. Origen, emisión, efectos, análisis y aplicaciones al agro, *Revista Fitotecnia Mexicana*, 30(4), 327-351.
- McClatchey, W. 2002. From Polynesian Healers to Health Food Stores: Changing Perspectives of *Morinda citrifolia* (Rubiaceae), *Integrative Cancer Therapies*, 1(2), 110-120.
- Morton, J.F. 1992. The ocean-going or Indian mulberry (*Morinda citrifolia*, *Rubiaceae*) and some of its 'colorful' relatives, *Journal of Economic Botany*, 46, 241-56.
- Potterat, O. y Hamburger, M. 2007. *Morinda citrifolia* (Noni) Fruit-Phytochemistry, Pharmacology, Safety, *Planta Medica*, 73, 191-199.
- Sang, S., Cheng, X., Zhu, N., Wang, M., Jhoo, J.W. y Stark, R.E. 2001. Iridoid glycosides from the leaves of *Morinda citrifolia*, *Journal of Natural Products*, 64, 799-800.
- Stadlbauer, V., Fickert, P., Lackner, C., Schmerlaib, J., Krisper, P., Trauner, M. y Stauber R.E. 2005. Hepatotoxicity of noni juice: Report of two cases, *Journal of Gastroenterology*, (30), 58-60.
- Wang, M.Y., Brett, J.W., Jarakae, J., Diane, N., Su, C., Afa, P. y Gary, A. 2002. *Morinda citrifolia* (Noni): A literature review and recent advances in Noni research, *Acta Pharmacologica Sinica*, 23(12), 1127-1141.
- Westendorf, J., Effenberger, K., Iznaguen, H. y Basar, S. 2007. Toxicological and analytical investigations of noni (*Morinda citrifolia*) fruit juice, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55(2), 529-537.

ANÁLISIS DE LA CALIDAD DEL AGUA Y DEL PAISAJE DEL SISTEMA LAGUNARIO CHAIREL

E. Pérez-Arriaga¹, R. Garza-Flores², S. Canales-Caballero² & M. Guevara-Guerrero²

¹Instituto Tecnológico de Ciudad Victoria. Blvd. Emilio Portes Gil 1301, Cd. Victoria, Tamaulipas, México, C.P. 87010. ²Universidad Autónoma de Tamaulipas Matamoros 8 y 9 S/N Edificio Rectoría" satmex7@hotmail.com

RESUMEN: El municipio de Tampico, Tamaulipas, es una zona costera que se localiza al sureste del Golfo de México; presenta vulnerabilidad en sus recursos naturales por efectos antropogénicos, como el desarrollo turístico, la falta de recursos financieros y cambios en el clima de esa región a través del tiempo. Existe la necesidad de conocer los parámetros de calidad de agua con los que cuenta la laguna del Chairel, principal vertedor de agua que proporciona el abastecimiento al municipio. También es relevante conocer los recursos vegetales, faunísticos y tipo de suelo predominante; es decir, la topografía del lugar, como un panorama general de los elementos que rodean a la laguna. En este trabajo se realizó una visita al botadero a cielo abierto "El Zapote" del municipio; tres muestras fueron obtenidas para conocer la calidad del agua. Con este propósito fueron identificados al azar algunos parámetros en la laguna del Chairel; se determinó el tipo de suelo y vegetación. Con los resultados de este trabajo se recomienda la preservación de la riqueza natural con la que cuenta la laguna del Chairel.

PALABRAS CLAVE: vulnerabilidad, calidad del agua, lagunas.

ABSTRACT: The municipality of Tampico, Tamaulipas, is a coastal area located in the southeastern Gulf of Mexico. It presents vulnerability of its natural resources by anthropogenic effects, such as tourism development, lack of financial resources and climate change in the region over time. It is necessary to have information on water quality parameters in the lagoon of Chairel; this lagoon is the main source that supplies water to the municipality of Tampico. It is also important to have information on plants, wildlife resources and the predominant type of soils, *i.e.*, the topography, as an overview of the elements that surround the lagoon. A visit to the open dump "El Zapote" in this municipality was carried out; three samples were obtained to measure water quality parameters. For this purpose some parameters were identified at random for the lagoon of Chairel, also soil types and vegetation were identified. Taking into consideration the results obtained, it is recommended to preserve the natural resources that the Chairel lagoon possesses.

KEY WORDS: vulnerability, water quality, lagoons.

1. INTRODUCCIÓN

El municipio de Tampico, Tamaulipas se localiza en el noreste de México. Esta es la zona costera metropolitana con mayor población en el Golfo de México, cuenta con invaluables recursos naturales, además de cuerpos de agua que abastecen las necesidades de los habitantes y proporcionan esparcimiento turístico, fauna y vegetación. Generando así la necesidad de realizar un análisis que permita evaluar su estado actual y recomendar acciones para su conservación y preservación.

El impacto producido en el ambiente por actividades propias de la actuación del hombre se ha hecho cada vez más evidente y

preocupante. La problemática ambiental presenta dentro de sus múltiples facetas dos vertientes importantes: el manejo irracional de los recursos naturales y un manejo inadecuado de los residuos generados por los diferentes procesos antrópicos (Gordillo, 2008).

La Laguna del Chairel forma parte del sistema de lagunas como la Vega Escondida y la del Champayán, que posee un aporte sustancial al municipio de Tampico, como paseo turístico y esparcimiento, como captador y proveedor de agua para consumo humano. Debido a las nutrias que se encuentran en la Laguna "El Chairel", se identifica a Tampico como "lugar de los perros de agua".

En el Chairel existen situaciones que ponen en riesgo de conservación el lugar, como lo es la contaminación de sus aguas por residuos sólidos y descargas. Se encuentra cercana a la Isleta del Zapote, basurero municipal a cielo abierto que estuvo con vida por más de 30 años. A más de 6 años de que se cerrara el basurero el Zapote, por el impacto que tenía sobre el sistema lagunario el Chairel al verter sus lixiviados, la CNA no ha dado respuesta a las exigencias sobre un informe sobre el grado de contaminación que representan estos escurrimientos (Jiménez,2010).



Figura 1. Ubicación del Botadero "El Zapote" y Laguna el Chairel.

La ruta marcada que aparece en la Figura 1. Es la que se usó para llegar al embarcadero del Ayuntamiento-Chairel, lugar de partida para la toma de muestras y delimitación de la zona de estudio.

Tradicionalmente la calidad del agua se mide bajo parámetros que son indicadores tales como el pH, tipo de sustratos, el oxígeno disuelto (OD), la conductividad, salinidad y temperatura por mencionar algunos. Estos indicadores dan una gama compleja de cualidades del medio que permiten estudiar cambios temporales causados por las perturbaciones. Por tanto, la calidad natural del agua depende de la medición de los parámetros organolépticos, físicos, químicos, biológicos y bacteriológicos de esta, que su vez se convierten en números que indican una serie de índices que determinan el estado del agua en función de rangos de calidades establecidos según el uso que se le dé al agua. En materia de legislación ambiental en México, el Artículo 27 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos menciona la propiedad del agua, la Ley de Aguas Nacionales (LAN), regula el aprovechamiento, control, preservación y calidad del agua a

través de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEPA) previene y controla la contaminación del agua y las Normas Oficiales Mexicanas (NOM) emitidas por el Diario Oficial de la Federación (DOF) reglamentan usos de agua, tal es el de la NOM-127-SSA1-1994, que reglamenta los límites permisibles de calidad y tratamientos a los que deben someterse las aguas para su potabilización (Secretaría de Economía, 2002).



Figura 2. Ubicación de la zona de estudio.

La ubicación geográfica como se aprecia en la Figura 2 se determinó mediante GPS: Latitud 22.294614 Norte y Longitud 97.901476 Oeste sobre la laguna El Chairel.

Debido a la ubicación de la laguna El Chairel (Figura 1), esta es vulnerable a contaminantes producto de la actividad humana. De tal forma, la concientización en la preservación de este recurso es de suma importancia. En el estudio se determinaron diversas muestras que visualizan la situación actual de la laguna, se ha elegido un paisaje que determine el suelo, la fauna, la flora y su composición general esto a orillas del Chairel, para de tal formar conocer el recurso invaluable con que se cuenta.

Describir un paisaje, es mostrar la topografía del lugar, es explicar los recursos con los que cuenta. Según María Ángeles Ruiz (2007), inventariar los recursos de un paisaje es determinar la calidad (los recursos naturales percibidos por el observador) y la fragilidad visual (grado de deterioro por la incidencia de determinadas actuaciones, susceptibilidad al cambio). La fase de descripción de un área identifica marcas visuales, alteraciones mayores, cursos de agua, cubiertas vegetales dominantes, fauna, entre otras. Este estudio tiene el objeto de describir un área, que para

estos fines se denominó “zona de estudio” y que abarca una superficie de 10 m², fue observada con detenimiento para la interpretación de los recursos y el estado en que se encuentra una de las zonas de la laguna del Chairel.

En esta investigación se presenta un panorama de la situación en la Laguna El Chairel, en cuanto a la calidad del agua a través de parámetros físicos, químicos y biológicos y la determinación de un paisaje natural localizado en la cercanía de la laguna. La metodología utilizada es el muestreo en zonas aleatorias dentro de la laguna y la elección de una zona de estudio a los alrededores de la Casa de la Naturaleza o Planta Hidros (planta potabilizadora de Tampico construida en 1927, y considera como Patrimonio Cultural y Patrimonio Ambiental del Sur de Tamaulipas) ubicada al noreste de la laguna del Chairel.

Con los resultados obtenidos se podrá conocer el comportamiento de la calidad del agua y el paisaje que rodea la zona, para de tal forma preservar el patrimonio biológico y concientizar al habitante del municipio, al turista y a las autoridades la importancia y la riqueza con la que cuenta Tampico.

2. METODOLOGÍA

La metodología seguida es la elección de una muestra aleatoria de suelo o de agua en el área de estudio, tratando de identificar previamente algún cambio de suelo, vegetación, profundidad, entre otras, de manera visual en el momento del recorrido. Por tal motivo el estudio se encuentra enfocado en dos principales puntos, la calidad del agua y la descripción de un paisaje en la periferia de la laguna, denominada “zona de estudio”.

Los parámetros medidos mediante un multiparamétrico para la calidad del agua, primordiales para estos fines son:

- Cantidad de oxígeno disuelto en el agua (OD en ppm)
- Conductividad eléctrica (en S/m)
- La clase del agua según el potencial de redox
- pH (Potencial de Hidrógeno)
- Temperatura (°C)
- Salinidad (gr/kg de agua de mar)

Para el caso de la topografía de la zona de estudio se determinaron:

- Vegetación
- Suelo (determinando su tipo según tabla de Munsell y su textura)
- Fauna
- Geomorfologías

Entre otros aspectos que definen la composición de un paisaje, así como la fragilidad o vulnerabilidad de este. De tal forma se utilizó GPS para la ubicación geográfica en coordenadas UTM, la altitud en que fue tomada la muestra y se fueron apreciando cada uno de los elementos visibles al momento de recopilar los datos.

El estado del tiempo durante las mediciones fue parcialmente nublado, vientos frescos debido a la entrada de un norte un día anterior ocasionando un descenso de temperatura que fue de unos 15°C. La laguna se encontraba bajo poca agitación en sus aguas superficiales por lo que puede observarse la vegetación existente.

El estudio se compone de 7 muestras, 3 de suelo tomadas del basurero a cielo abierto El Zapote; en esta zona se identificó el tipo de suelo y la vegetación observándose su funcionamiento en relación con la laguna del Chairel. Se tomaron 3 muestras de agua, navegando dentro de la laguna y la última se levantó en la zona de estudio (Figura 2).

La zona de estudio es un área natural delimitada de 10 m² elegida por el equipo de investigación. La planta “Hidros” o Casa de la Naturaleza fue el marco de estos estudios de paisaje y fue elegida por su relevante historia dentro de la zona, la ubicación al margen de la laguna del Chairel y punto final del recorrido planeado para cumplir con los objetivos de este proyecto.

El sistema de colores Munsell tiene como base los atributos perceptuales del color conocidos como Tono, Cromo y Valor; (los mismos atributos medidos físicamente son llamados matiz, saturación y brillo). Consta de un círculo de 5 tonos principales dispuestos en orden espectral, que tiene un eje perpendicular de valor en una escala con medidas de del 0 a 9 (Red grafica latinoamericana, 2011).

Los datos que se recopilieron fueron analizados según parámetros de calidad de agua, la escala de Munsell y rangos de evaluación para oxígeno disuelto (OD) (Tabla 1), pH (Tabla 3), potencial de redox (Tabla 2). Con base en los parámetros medidos se pudieron generar conclusiones de las propiedades con que cuenta la laguna del Chairel.

Tabla 1. Rangos de evaluación Oxígeno disuelto.

<u>Nivel de OD</u> (in ppm)	<u>Calidad del Agua</u>
0,0 - 4,0	Mala Algunas poblaciones de peces y macroinvertebrados empezarán a bajar.
4,1 - 7,9	Aceptable
8,0 - 12,0	Buena
12,0 +	Repita la prueba El agua puede airearse artificialmente.

El oxígeno disuelto demostrará la actividad fotosintética, y se relaciona con la temperatura, la presión y el contenido en sales de las aguas de la laguna. El potencial de redox (ORP) Tabla 2, demostrará la capacidad reductora u oxidante del agua. Si aparece un ORP alto la contaminación del agua es baja y existe una buena calidad de la misma.

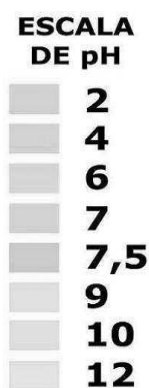
Es importante considerar que el estudio fue realizado durante una mañana, lo que genera la posibilidad de un ORP alto y conforme el día avanza este disminuye, debido a que en la oscuridad el metabolismo es bajo y el agua se limpia. El pH y el ORP tienen relación, debido a que cuando el pH aumenta el ORP baja.

El pH según la escala de la Tabla 3, nos muestra el carácter ácido o básico del agua, que demostrará la actividad del ion hidrógeno en la muestra.

Tabla 2. Rangos de evaluación potencial redox.

Reducción/Oxidación (Redox) Potencial			
Clase de agua	Redox Potencial	pH	Que significa esto?
Agua corriente	+100mV bis +150mV	7	Potencial de oxidación leve
Agua reducida	-250mV bis -350mV	8	Potencial de oxidación fuerte contiene gran cantidad de electrones para los radicales libres!
Agua oxidada	+700mV bis +800mV	4	Fuerte potencial de oxidación por no haber tantos electrones la oxidación no tiene su característica de esterilización!

Tabla 3. Escala de muestras del pH.



La temperatura es importante tomarla en cuenta debido a que se combina con otros parámetros como el OD, generando una visión del estado del agua. El índice metabólico de

los organismos acuáticos aumenta en el agua tibia. Los aumentos en la temperatura pueden ser ocasionados por contaminación térmica, que es la descarga de grandes cantidades de agua caliente proveniente de plantas industriales. Los cambios bruscos en la temperatura del agua pueden originar una afectación térmica en algunas especies acuáticas y ocasionar su muerte. La conductividad eléctrica y la salinidad están íntimamente relacionadas, debido a que la conductividad se usa para medir la cantidad de sales en el agua.

Esta conductividad resulta del movimiento de partículas cargadas eléctricamente, mientras tanto la resistividad o dureza del agua, es lo contrario, es decir, si se tiene más conductividad, la resistividad disminuye. La

salinidad, es el contenido de sales en un kilogramo de agua mar, si bien es sabido determina la conductividad del agua.

Una vez medidos los parámetros, se continúa con la topografía de la zona de estudio, observando y verificando a detalle. Para el caso del uso de la Tabla de Munsell, se coloca la muestra de suelo sobre la gama de color mostrada en la tabla que más se aproxime, identificando el value (claridad), el chroma. (Pureza) y el matiz (hue). Esto forma parte los estudios edafológicos que se realizaron, debido a su importancia para sintetizar variables y condiciones del perfil del suelo. Al determinar el color del suelo se relaciona con la cantidad de materia orgánica, aireación (oxidación-reducción), porosidad y composición mineral.



Figura 3. Toma de muestra de agua.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En primera instancia se encontró un suelo rico en nutrientes por su color y aguas productivas y aprovechables. El paisaje apreciable de la laguna muestra ser una zona con potencial de vida, tanto vegetal como animal. La pesca es una actividad rutinaria y se practica para beneficio propio y para la venta como forma de vida.

Se detallan a continuación en la tabla 4 los resultados obtenidos en las 3 muestras de suelo del basurero El Zapote. El suelo encontrado es hidromórfico, característico de zonas tropicales. Vegetación arbustiva, herbáceas escasas, árboles en el fondo de valle de las terrazas fluviales. Fauna migratoria (mapaches, patos, perros). Siendo necesario la

conservación del suelo. Se observaron 2 o 3 unidades de paisaje o geofases.

Tabla 4. Muestras de Suelo El Zapote.

Parámetros	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Hora	08:55	09:17	09:22
Coordenadas (UTM)	14Q0615815 2458240	Muy cerca de la muestra 1	14Q0614248 2459366
Altitud (msnm)	0.79	0
Croma	7.5YR	5YR	2.5YR
Value	3/1	4/1	4/1
Color	Gris obscuro	Gris obscuro	Gris muy obscuro
Textura	Limoarcilloso	Arcilloso	Arcilloso

En la muestra 3 hay un paisaje de manglar, una zona con una antigüedad de 300-400 millones de años. Con base en los colores del suelo, se define como un suelo rico en nutrientes, arcilloso en el que el agua no se filtra posee un mal drenaje que hace encharcamientos de agua, por tal motivo las herbáceas no sobreviven a gran cantidad de agua que puede permanecer por días en este suelo arcilloso.

Para el caso de la toma de muestras Figura 3, de la laguna del Chairel se obtuvieron los datos siguientes:

Tabla 5. Muestras de agua del Chairel.

Parámetros	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Hora	10:36	10:51	11:00
Coordenadas (UTM)	14Q0615659 2459998	14Q0614852 2461909	14Q0614428 2462468
Altitud (msnm)	-10	-7	-3.3
Oxígeno Disuelto (ppm)	5.58	5.56	5.68
pH	8.42	6.6	8.56
Temperatura (°C)	22.06	20.52	19.2
Salinidad	0.31	0	0.33
Conductividad Eléctrica	0.636	0.001	0.673

Como lo muestra la Tabla 5 a modo general se tiene una calidad de agua aceptable, una alcalinidad, que proporciona al agua una clase reducida para la muestra 1 y 3, en tanto para la muestra 2 indica un agua corriente, de tal forma, para ser potable el agua de la laguna debe tratarse, ya que existen radicales libres debido al fuerte potencial de oxidación.

La temperatura se mantiene estable de entre los 19-22°C, lo que la hace un agua cálida que permite el desarrollo de especies y vegetación realizando su actividad fotosintética y generando niveles de oxígeno aceptable.

En la muestra 1 y 3 se observa un aumento de la actividad eléctrica en comparación con la muestra 2 por tanto la salinidad es mayor. Se puede deducir que no toda la laguna posee conductividad eléctrica ni salinidad, incluso las diferencias entre la muestra 2 y 3, no son significativas.

El punto final para la evaluación del paisaje, es la Planta Hidros, determinándose un área de 10m² localizada 5 msnm, entre las coordenadas (UTM) 140613157–2465847. Se observó ser un lugar alterado por las actividades humanas, obra civil en construcción. La vegetación presente es arbórea, representada por 3 mangos con hojarasca al suelo, el primero de los ejemplares presenta una circunferencia de 3.4 m², el segundo 2.2 m² y el tercero con 1.1 m². se indica la existencia de un suelo con materia orgánica, sin embargo se encuentra contaminado por residuos sólidos urbanos dispersos que rodean el área.

Se encontró un suelo compactado, según tabla Munsell, figura 6, con un matiz 2.5, un chroma 1 y un value 2.5, determinando un suelo negro oscuro. El suelo de esta área es húmifero y posee abundante materia orgánica en descomposición, retiene bien el agua y es apto para el cultivo, tal es el caso del mango.

La fauna predominante son aves, armadillos, insectos y gusanos producto de la actividad orgánica del suelo (Figura 4). Se encuentran ciertas alteraciones físicas al suelo, a causa de construcciones realizadas por el hombre

4. CONCLUSIONES

Como resultado de lo anterior, así como por el vertimiento de las tomas de muestra nos enfrentamos a un ecosistema con riqueza natural, la calidad del agua de la laguna debiera ser conservada y en su caso mejorada. Se sabe que las tres cuartas partes de las aguas superficiales del país tienen algún grado de contaminación, a esto se suma el hecho de que muchos de los recursos hídricos del país están sobre explotados y se encuentran en serio riesgo de desaparecer.

Las modificaciones que se han llevado a cabo en la laguna, como lo son la construcción, infraestructura para el almacenamiento del agua, el desvío de los cauces y demás obras,

han tenido repercusiones para los ecosistemas y las comunidades, siendo necesario realizar acciones que contribuyan a la mitigación de la contaminación por estas actividades.



Figura 4. Suelo, flora y fauna en la zona de estudio.

Por su propia condición, la vida del ser humano está determinada por las condiciones del entorno natural. Los beneficios que generan los ecosistemas, en su conjunto, son la base que sustenta la red de relaciones de la vida en el planeta, de la que el ser humano forma parte. La funcionalidad y salud en la que se encuentre esta base natural, repercute en la calidad de vida de las personas que dependen de ella.

La producción de oxígeno y agua, la regulación del clima, la formación del suelo que permite la reproducción de los ecosistemas y la producción de alimentos y la purificación de algunos desechos, son sólo algunos de los beneficios que la naturaleza provee a la humanidad y que no han sido valorados en su justa dimensión.

Las sociedades humanas modernas han concebido a los suelos como simples soportes mecánicos de las plantas o como sitios de establecimiento de los asentamientos humanos, ignorando su importancia biológica, ecológica, fisicoquímica, socioeconómica y cultural.

La coordinación de los gobiernos tanto federales como municipales, así como las ONG's pudieran tener una actuación especial

en este recurso agua de Tampico, estudios evaluativos y de conservación lograrían un mejor aprovechamiento de la laguna y del suelo bajo las condiciones ambientales aceptables.



Figura 5. Toma de muestra de suelo.

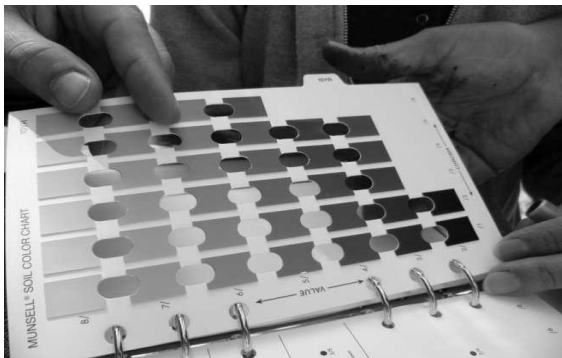


Figura. 6. Verificación de tipo de suelo en Tabla de Munsell.

5. LITERATURA CITADA

Gordillo, A.J., et al. 2008. Evaluación Regional del Impacto Antropogénico sobre Aire, Agua y Suelo. Caso: Huasteca Hidalguense, México. Revista Internacional de Contaminación Ambiental. 26(3). UNAM, México. 229-251 pp.

Jiménez, F. 2010. Exigen a CNA informe sobre contaminación en el sistema lagunario. Centro Noticias Tamaulipas. Extraído el 30 de Noviembre, 2010 de la página <http://www.cntamaulipas.info/index.php?a=not¬a=72617>

Ley de Aguas Nacionales Extraído el 26 de junio 2012 de la página: <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/ref/lan.htm>

Ley General de Equilibrio Ecológico, publicada en DOF el 30 de agosto 2011

Norma Oficial Mexicana, NOM-127-SSA1-1994, Límites de la calidad del agua.

Red Grafica Latinoamericana extraído el 30 de junio de 2011 de la página: <http://redgrafica.com/Albert-Munsell-en-la-historia-del>

Secretaría de Economía. 2002. Consulta del Catálogo de Normas Oficiales Mexicanas [en línea] de <http://www.economia.noms.gob.mx/noms/inicio.do>. Extraído el 2 de Diciembre, 2010.

ESTUDIO PRELIMINAR DEL EFECTO DEL ÁCIDO HÚMICO EN EL CULTIVO DEL KING GRASS (*Pennisetum purpureum. L.*) EN EL CENTRO DE LA ENTIDAD TAMAULIPECA

O.S. Escamilla-Gallegos¹, J.R. Ruiz-Zavala¹, B.E. Bautista-Charles² & C.O. Bautista-González³

¹ Instituto Tecnológico de Cd. Victoria, Blvd. Emilio Portes Gil. No. 1301. C.P. 87010. Cd. Victoria, Tam. ² Esc. Secundaria No.3 Prof. Rafael Balandrano Balandrano. Calle 5 de Mayo. Cd. Victoria, Tam. ³ CBTIS 236, Calle Fresno y Anacahuita. Cd. Victoria Tam.

escamillagos@hotmail.com, ing_ruizz@hotmail.com, bdabautista@hotmail.com, cebagon61@hotmail.com

RESUMEN: El Estado de Tamaulipas cuenta con una superficie de 1'574.000 hectáreas dedicadas a la agricultura que representan el 19.72% del total de la superficie estatal y 4'809.434 hectáreas dedicadas a las actividades pecuarias, representando éstas el 60% de la superficie del estado. Las características fisiográficas de Tamaulipas favorecen el desarrollo de las mismas, además de ser una importante fuente económica y de trabajo. De ahí que los ganaderos requieren del cuidado de sus praderas, entre ellas la aplicación de fertilizantes, pero esta actividad en su mayoría es incosteable por el elevado costo de éstos. Sin embargo, la aplicación del ácido húmico es un biofertilizante de menor costo por lo que es redituable para el ganadero. El objetivo de la presente investigación fue analizar el efecto nutrimental y/o la fitotoxicidad hacia el cultivo del King Grass (*Pennisetum purpureum. L.*), ya que no existe información sobre este tema de gran interés pecuario. Es importante mencionar que el abono de lombriz incrementa la flora microbiana y fauna del suelo en los terrenos de cultivo, así como los elementos nutritivos (N, P, K, Ca, Mg y B), están disponibles para las plantas, además favorece la retención de agua en el suelo, se menciona que también mejora las características físicas, químicas y estructurales en el suelo, en general, se puede considerar que la lombricomposta presenta un amplio rango en lo que a contenido nutrimental se refiere (Martínez 1996). El experimento se llevó a cabo en las instalaciones del Área de Nutrición de Rumiantes y Forrajes, perteneciente al ITCV. Los tratamientos que se evaluaron fueron: T1: King Grass con la nula aplicación del fertilizante foliar orgánico (testigo) y T2: King Grass con la dosis comercial 1:4. Ambos tratamientos fueron irrigados cada 15 días con una lámina de riego de aproximadamente 10 cm., la variable a medir fue la fitotoxicidad [no causará daños al cultivo al ser utilizado dicho nutrimento foliar, tasa de rebrote (brotes)]. Se realizó un experimento con dos muestras (Little y Hills 2005) y los resultados fueron los siguientes: Si existieron diferencias significativas en el análisis de varianza, siendo el Tratamiento 2 el cual presentó una mayor tasa de rebrote, con un promedio de 10 cm., en relación al Tratamiento 1, además no existió fitotoxicidad en el tratamiento aplicado y se concluye que se presentó un efecto positivo en el rebrote de hijatos, así como la presentación de hojas con aspecto turgente en toda la lamina de la misma, también se observó la forma normal y natural de sus nervaduras a lo largo de las hojas que la presentan.

PALABRAS CLAVE: Forraje, King Grass, ácido húmico.

ABSTRACT: The State of Tamaulipas is endowed with 1'574,000 hectares devoted to agriculture, accounting for 19.72% of the state surface; and it has 4'809,434 hectares for livestock activities, representing 60% of the surface of the state. The State physiographic features favor the development of both, agriculture and livestock, activities that are also a major economic and employment source. Therefore cattle ranchers require keeping their pastures and grasslands. Fertilizer application is a normal procedure to keep grasslands, but this activity is mostly unaffordable because of the high cost of fertilizers. However, the application of humus acid is a lower cost biofertilizer being profitable to the farmer. The aim of this study was to analyze the nutritional effect and/or phytotoxicity to the crop of King Grass (*Pennisetum purpureum. L.*), since there is no information on this subject of great interest for livestock. It is noteworthy that the worm compost increases the microbial flora and soil fauna in agricultural land and nutrients (N, P, K, Ca, Mg and B) are available to plants, it favors water retention in the soil, it is mentioned that also improves the physical, chemical and structural changes in the ground, in general, can be considered that the compost presents a wide range as far as regards nutrient content (Martinez 1996). The experiment was conducted at the premises of the Department of Ruminant Nutrition and

Forages, belonging to ITCV. Treatments evaluated were: T1: King Grass with no organic foliar fertilizer application (control) and T2: King Grass with commercial dose 1:4. Both treatments were irrigated every 15 days with a water depth was approximately 10 cm. The variable to measure was phytotoxicity [it will not cause damage to the crop when used as foliar nutrient-regrowth rate (shoots)]. An experiment with two samples was performed (Little and Hills 2005), and the results were as follows: there were significant differences in the analysis of variance, Treatment 2 showed a higher rate of regrowth, with an average of 10 cm., in relation to Treatment 1, and there was no phytotoxicity. It is concluded that it had a positive effect on regrowth of tillers, and leaves looked turgid across its laminate, the normal and natural shape of the leaves' ribs was also observed.

KEY WORDS: Forage, king grass, humus acid.

1. INTRODUCCIÓN

La zona Noreste de la republica mexicana es considerada por años anteriores así como en la actualidad como una de las áreas territoriales dedicadas al área pecuaria por sus grandes capacidades de mantener el ganado pastoreando en ellas, por ello cabe hacer mención que el estado de Tamaulipas cuenta con una superficie de 1,574.000 hectáreas dedicadas a la agricultura que representan el 19.72% del total de la superficie estatal y 4,809.434 hectáreas dedicadas a las actividades pecuarias, representando estas el 60% de la superficie del estado (INEGI, 2012).

Las características fisiográficas de Tamaulipas favorecen el desarrollo de las mismas, además de ser una importante fuente económica y de trabajo. Ambas actividades demandan la optimización de los recursos, por los que es importante el establecimiento de nuevas fuentes de alimentación como lo son los forrajes para el ganado, que le permitan elevar su rendimiento de acuerdo a la función zootécnica de la que se trate (producción de carne, leche o de doble propósito) implementando nuevas alternativas para lograrlo. Cabe hacer mención que los zacates son el insumo más barato, en el que el ganadero invierte para la producción pecuaria, sin embargo dicho forraje debe ser nutrido con elementos que no perjudique tanto a la planta como al suelo donde habita, ya que este último por lo regular no es considerado por los ganaderos, simplemente se enfoca a ver sus rendimientos de materia seca desconociendo si existe o no efectos colaterales hacia el vegetal.

En la lombricultura se utilizan las lombrices para acelerar la transformación de desechos orgánicos con la finalidad de generar productos naturales tales como el abono de lombriz, material rico en microorganismos; también se

puede aprovechar la carne de la lombriz de altos contenidos de proteína, vitaminas y aminoácidos (SAGARPA, 2010).

De acuerdo a la literatura, se estima que hay en el planeta más de 8500 especies de lombrices, entre las cuales la más conocida es la lombriz de tierra (*Lumbricus terrestris*); sin embargo para el manejo de desechos orgánicos se utilizan lombrices especiales, que reúnan ciertos requisitos tales como alta voracidad, alta capacidad reproductiva, fáciles de trabajar y con capacidad para adaptarse a condiciones adversas, desde los 0 hasta los 3000 msnm. Las especies más utilizadas en la lombricultura y que reúnen los requisitos anteriormente citados son *Eisenia foetida* (coqueta roja) y *Eisenia andrei* (lombriz roja de California), especies utilizadas en el 80% de los criaderos a nivel mundial. Se habla de otras especies que pueden sobrevivir con altas concentraciones de desechos, sin embargo presentan cierta preferencia hacia algunos desechos; ellas son: *Lumbricus rubellus*, *Perionyx excavatus*, *Bimastus spp.* y *Eudrillus eugeniae*. (Ferruzi, 1994; INCA RURAL, 1998).

El abono de lombriz incrementa la flora microbiana y fauna del suelo en los terrenos de cultivo, así como los elementos nutritivos (N, P, K, Ca, Mg y B), están disponibles para las plantas, además favorece la retención de agua en el suelo, se menciona que también mejora las características físicas, químicas y estructurales en el suelo, en general, se puede considerar que la lombricomposta presenta un amplio rango en lo que a contenido nutrimental se refiere (Martínez, 1996).

Indistintamente del desecho que consuma la lombriz, la cantidad que excreta corresponde al 40 por ciento de lo que come (Ferruzi, 1994). Las lombrices usan una gran cantidad de agua produciendo 60% del peso de su cuerpo en

orina cada día. La urea es muy alta en nitrógeno y provee un excelente fertilizante. Un suelo sano con ayuda de las lombrices, provee a la ganadería de proteínas de alta calidad y bajo costo (Mertus, 2010).

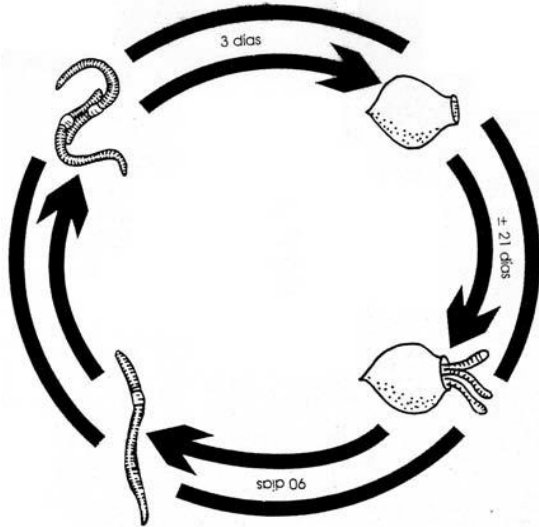


Figura 1. Ciclo de vida de *Eisenia foetida* (Martínez 1996).

En la gran mayoría de las aplicaciones de humus orgánico en praderas es de aproximadamente 1.5 ton /ha. Que es una práctica poco común ya que es más común aplicar fertilizantes como urea y fosfato siendo este último muy caro para el ganadero y por ende impráctico económicamente que cabe hacer mención que el arresto de estas sustancias químicas pueden llegar a cauces de aguas subterráneas. Contaminando así a ellas para su uso. Esto se define como la contaminación por la acción del hombre (Bolea, 1984).

Con lo que respecta a la toxicidad de las plantas, existen ciertos fertilizantes que por su exceso han ocasionado necrosis (quemaduras) en la punta de las hojas (Ferruzi, 1994).

El abonamiento orgánico en praderas, incluso tanto sólida como líquida, debemos recordar que el suelo tiene su propia actividad biológica (biocenosis) de la cual va a depender en gran parte la fertilidad del mismo, mejora en su estructura, para obtener una respuesta positiva en la producción de forrajes tanto en cantidad y calidad, aunado a menor costo y al mismo tiempo que, se conserva el ambiente para garantizar un desarrollo sustentable y ser más

eficientes en las unidades de producción, siendo así definitivamente viable, seguro y efectivo en todos y cada uno de los aspectos (Bolea 1984).

El objetivo de la presente investigación es, analizar el efecto nutrimental o la fitotoxicidad hacia el cultivo forrajero King Grass (*Pennisetum purpureum L.*), bajo condiciones climáticas y edáficas de la zona centro del estado de Tamaulipas, con el propósito de poder ser utilizado dicho biofertilizante con sus respectivas dosis que se señalan a futuras investigaciones por el sector agropecuario.

A manera de justificación, cabe mencionar que, no existen trabajos reportados en la actualidad donde sean sometidas dichas dosis de éste ácido húmico, para lo cual es imprescindible que tanto los ganaderos de la región tamaulipeca, así como los sectores educativos y afines, etc. Se enteren del efecto que ácido húmico en el cultivo del King Grass (*Pennisetum purpureum L.*).

2. MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se llevó a cabo en las instalaciones del Área de Nutrición de Rumiantes y Forrajes, perteneciente al Instituto Tecnológico de Ciudad Victoria, existiendo una parcela demostrativa de 10 x 20 mts., con suelos de textura franco arenosa con bajo contenido de potasio (K), altos en calcio (Ca), medios en fósforo (P) y materia orgánica (MO) de aproximadamente 2.7% y con un pH comprendido entre los 7 y 8.5.

El experimento se realizó con el establecimiento del pasto King Grass (*Pennisetum purpureum L.*) el cual fue sembrado por esquejes con material vegetativo que presentaran al menos tres nudos. Se instaló el sistema de riego por medio de cintillas para cada surco sembrado. Aplicando el riego cada semana o quince días según las condiciones climáticas. Cabe señalar que ambos tratamientos fueron irrigados cada 15 días con una lamina de riego de aproximadamente 10 cm. Es importante hacer mención que el cultivo se encontraba bajo estrés hídrico (se mantuvo solamente con la precipitación) durante un año antes de iniciar el experimento.

Para la variable rebrote, los tratamientos que se evaluaron fueron los siguientes:

T1: King Grass nula aplicación del fertilizante foliar orgánico (testigo).

T2: King Grass con la dosis comercial 1:4.

La aplicación del ácido húmico en el cultivo del King Grass (*Pennisetum purpureum L.*), se aplicó con una aspersora de mochila con boquilla de barrido # 8002 y con capacidad de 12 lts. Marca jacto jet.

El efecto de la variable fue analizada bajo un análisis de varianza para dos muestras y una prueba de "t", para ver la significancia de los dos tratamientos (Little y Hills, 2005, Steel y Torrie, 2008; SAS, 1998 y Martínez, 1997). Las medias fueron evaluadas por la prueba de Tukey con una confiabilidad al 0.01 (Steel y Torrie 2008), utilizándose el paquete estadístico SAS (1987) para la matriz de datos generados en la investigación.

La evaluación de la variable fitotoxicidad fue evaluada de manera visual del daño a la lámina foliar, siguiendo el modelo del arreglo de los tratamientos antes citados, y realizando las evaluaciones a escala del 0 al 3, donde 0 fue la nula, 1 leve, 2 moderada y 3 alta fitotoxicidad (NTC). 1976.

3. RESULTADOS Y DISCUSIONES PRELIMINARES

En la presente investigación, si existieron diferencias significativas ($P < 0.01$) en el análisis de varianza, siendo el Tratamiento 2 el cual presentó una mayor tasa de rebrote, con un promedio de 10 cm., en relación al Tratamiento 1. Además de no existir fitotoxicidad alguna aparente en el follaje, al ser aplicado con la aspersora, para lo cual el aspecto de las plantas en todas ellas, manifestó una turgencia generalizada, no dudando así de la nula afección por el ácido húmico como lo sucede en otros fertilizantes que han ocasionado necrosis (quemaduras) en la punta de las hojas reportados en investigaciones anteriores (Ferruzi 1994).

4. CONCLUSIONES

La aplicación del ácido húmico en el cultivo del King Grass (*P. purpureum L.*), presentó un efecto positivo en el rebrote de hijatos, así como la presentación de hojas con aspecto turgente en toda la lamina de la misma,

también se observó la forma normal y natural de sus nervaduras a lo largo de las hojas que la presentan, no existiendo así fitotoxicidad alguna o aparente que comprometa el estado sano del forraje en mención. No ocurriendo así, el rebrote con menos vigor al cultivo del King Grass (*P. purpureum L.*), en lo cual sólo se le aplicó riego. Presentándose de manera más lenta su tasa de rebrote y/o crecimiento.

5. LITERATURA CITADA

- Bolea, R. 1984. Diseño de Parque Municipal en Santa Cruz. De los Cañamos, Barranquilla, Colombia. 121. Pp.
- Ferruzi, C. 1994. Manual de lombricultura. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. España. 135. Pp.
- INCA RURAL, 1998. Manual de lombricultura. México. 121. Pp.
- INEGI. 2012. Instituto Nacional de Geografía e informática. Marco Geoestadístico.
- Little, T.M. y F.J. Hills. 2005. Métodos Estadísticos para la Investigación en la Agricultura. 3ª. Edición. Editorial trillas. México. 41-51. Pp.
- Martínez G.M. 1997. Diseños experimentales. 1ª. Edición. Editorial. CECSA. México. 140-142. Pp.
- Martínez, C. 1996. Potencial de la lombricultura. Elementos básicos para su desarrollo, lombricultura Técnica Mexicana. Texcoco edo. De México. 123. Pp.
- Mertus, J. 2010. AUTOSUFICIENCIA. Revista digital. Lima, Perú. Vol. 3:1.12.
- Norma Técnica Colombiana (NTC). 1976. 736 - Plaguicidas. Ensayos para determinar la fitotoxicidad simulando aplicaciones convencionales. Bogotá: Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, ICONTEC.
- Steel, M y J. Torrie. 2008. Estadística. 2ª. Edición. Editorial. Noriega-Lumisa. México. 160-165. Pp.
- SAS. 1998. Institute Statistical Analysis System. Carey. North Carolina, E.U.A.

NOTAS SOBRE EL GÉNERO *Taeniopoda* Stål, 1873 (ORTOPTHERA: ROMALEIDAE)

L. Barrientos-Lozano, L. Hernández-Hernández, A.Y. Rocha-Sánchez, J. V. Horta-Vega, P. Almaguer-Sierra

Instituto Tecnológico de Cd. Victoria. Blvd. Emilio Portes Gil No. 1301. Cd. Victoria, Tamaulipas, México. C.P. 87010. ludivinab@yahoo.com

RESUMEN: El género *Taeniopoda* (Orthoptera: Romaleidae) comprende 11 especies, las cuales se reportan todas para México. El presente trabajo tuvo por objetivo revisar la colección ortopterológica del Instituto Tecnológico de Cd. Victoria y determinar las especies del género *Taeniopoda* que alberga la colección. Fueron determinados 259 ejemplares, los cuales representan ocho especies: *T. tamaulipensis* Rehn, 1904, *T. centurio* (Drury, 1773), *T. eques* (Burmeister, 1838), *T. obscura* Bruner, 1907, *T. auricornis* (Walker, 1870), *T. picticornis* (Walker, 1870), *T. gutturosa* Bolívar, 1901 y *T. varipennis* Rehn, 1905. Las primeras cinco especies se distribuyen en la región noreste México, *T. picticornis* se presenta en Oaxaca, mientras que *T. gutturosa* y *T. varipennis* fueron recolectadas en el Salvador y Honduras, respectivamente. Proporcionamos información inédita sobre la biología y ecología de *T. tamaulipensis*, especie más común en el noreste de México. La distribución geográfica y el origen de los taxa que integran el género, así como el status endémico para México de ocho especies del género *Taeniopoda*, son discutidos.

PALABRAS CLAVE: México, Orthoptera, Romaleidae.

ABSTRACT: The genus *Taeniopoda* (Orthoptera: Romaleidae) comprises 11 species, all of them reported to occur in Mexico. This work aimed to review the Orthoptera Collection at the Instituto Tecnológico de Cd. Victoria, Tamaulipas, Mexico to obtain information on the species of the genus *Taeniopoda* deposited in this collection. We determined 259 specimens, which represented eight species: *T. tamaulipensis* Rehn, 1904, *T. centurio* (Drury, 1773), *T. eques* (Burmeister, 1838), *T. obscura* Bruner, 1907 and *T. auricornis* (Walker, 1870), *T. picticornis* (Walker, 1870), *T. gutturosa* Bolívar, 1901 and *T. varipennis* Rehn, 1905. The first five species are distributed in northeastern Mexico; *T. auricornis* was collected in Oaxaca, Mexico, while *T. gutturosa* and *T. varipennis* were collected in El Salvador and Honduras, respectively. Inedit information on biology and ecology of *T. tamaulipensis* is provided. Aspects on geographic distribution and origin of taxa that compose the genus, as well as the endemic status to Mexico of eight *Taeniopoda* species, are discussed herein.

KEY WORDS: Mexico, Orthoptera, Romaleidae.

1. INTRODUCCIÓN

El género *Taeniopoda* Stål (1873), (Orthoptera: Romaleidae), alberga saltamontes torpes de gran tamaño, su longitud oscila entre 38 a 66mm; generalmente de color amarillo y negro, con las alas posteriores de color rojo con negro en los bordes, las tegmina presentan la venación con un patrón notorio de color amarillo y negro (Hebard, 1925). Habitan desde matorrales tropicales hasta bosques de encino, alimentándose de una amplia gama de especies arbustivas y herbáceas; en ocasiones llegan a ser tan abundantes que pueden causar daños a la vegetación (Navarrete, 2008). De acuerdo con Hebard (1925) y la Orthoptera Species File online (Eades *et al.*, 2012), el género comprende 11 especies, todas presentes en México (Barrientos, 2004;

Fontana *et al.*, 2008). El presente trabajo tuvo por objetivo revisar la colección de ortópteros del Instituto Tecnológico de Cd. Victoria (ITCV), para determinar las especies del género *Taeniopoda* que alberga la colección. *T. tamaulipensis* Rehn, 1904, es la especie más común en el noreste de México. Sin embargo, se desconoce su biología y comportamiento, por lo que en el presente trabajo se abordaron algunos aspectos sobre la biología y ecología de esta especie.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

El material revisado fue recolectado de 1990 a 2011. El método de colecta fue con red entomológica o en forma manual. Todos los ejemplares fueron preparados por el (la) recolector (a) y/o responsable de la colección; la preparación consistió en el eviscerado y

etiquetado de cada uno de los ejemplares depositados en la colección. La información disponible en los ejemplares examinados fue lugar y fecha de colecta, coordenadas geográficas (longitud, latitud, altitud) y tipo de vegetación. La determinación taxonómica se realizó mediante claves dicotómicas (Hebard, 1925), literatura especializada (Barrientos-Lozano 2003, 2004; Bruner & Morse, 1900-1909; Bolívar, 1901) y bases de datos en línea (Eades *et al.* 2012-OSF).

Para estudiar aspectos sobre la biología y ecología de *T. tamaulipensis*, ejemplares vivos de esta especie fueron recolectados en Gómez Farías, Tamaulipas, Lat. 23°03.638'N y Long. 99°09.531'W, 380 msnm, el 1 de octubre de 2011. Hembras y machos fueron colocados por separado en jaulas entomológicas de 30X30X30cm. En el laboratorio la dieta consistió de lechuga fresca proporcionada diariamente. Con estos ejemplares se estudió el comportamiento de apareo y la biología. Los huevos fueron incubados bajo condiciones semicontroladas en el laboratorio. Como medio de oviposición fueron colocados en las jaulas, recipientes pequeños de plástico, con suelo, el cual se mantuvo siempre húmedo, para facilitar la sobrevivencia y el desarrollo de los huevos depositados por las hembras. La información que se obtuvo fue: número y tamaño de ootecas por hembra, tamaño de huevos y número promedio de huevos por ooteca.

3. RESULTADOS

Fueron determinados 259 ejemplares, los cuales representan ocho especies (Tabla 1): *T. tamaulipensis* Rehn, 1904, *T. centurio* (Drury, 1773), *T. eques* (Burmeister, 1838), *T. obscura* Bruner, 1907, *T. auricornis* (Walker, 1870), *T. picticornis* (Walker, 1870), *T. gutturosa* Bolívar, 1901 y *T. varipennis* Rehn, 1905; las primeras seis especies fueron recolectadas en México, *T. gutturosa* en el Salvador y *T. varipennis* en El Salvador y Honduras (Fig.13). *T. tamaulipensis* fue la especie mejor representada en la colección, con 179 ejemplares y una amplia distribución en el noreste de México (Nuevo León, Tamaulipas, San Luis Potosí e Hidalgo), en un rango altitudinal de 175 a 1,900 msnm; *T. auricornis*, 62 ejemplares, se presenta desde el Sur de Tamaulipas y norte de Veracruz a la Huasteca Potosina e Hidalguense, de 0 a 1,200 msnm; las especies restantes están pobremente

representadas, seis ejemplares o menos por especie. *T. centurio* se presenta en la Huasteca Potosina e Hidalguense, rango altitudinal de 200 a 500 m; *T. eques* ocurre en el sur de Tamaulipas, en el municipio de Gómez Farías, a una altitud de 400 a 1,200 m; *T. obscura* ocurre desde la Huasteca Potosina (100 msnm) al sureste de México, donde fue recolectada en Tizimín, Yucatán (20 msnm); *T. picticornis* fue recolectada en Tanivet, Tlacolula, Oaxaca, 1,600 msnm. Cinco especies son comunes en el noreste de México: *T. tamaulipensis*, *T. centurio*, *T. eques*, *T. obscura* y *T. auricornis*.

Tabla 1. Especies del género *Taeniopoda* Stål, 1873, en la Colección de Ortópteros del Instituto Tecnológico de Cd. Victoria, Tamaulipas, México.

ESPECIES	Nº de Hembras	Nº de Machos	Nº de Ninfas	Total
<i>T. tamaulipensis</i> Rehn, 1904	56	80	43	179
<i>T. centurio</i> (Drury, 1773)	2	3	-	5
<i>T. eques</i> (Burmeister, 1838)	1	-	-	1
<i>T. obscura</i> Bruner, 1907	2	-	-	2
<i>T. auricornis</i> (Walker, 1870)	31	30	1	62
<i>T. picticornis</i> (Walker, 1870)	1	1	-	2
<i>T. gutturosa</i> Bolívar, 1901	3	2	-	5
<i>T. varipennis</i> Rehn, 1905	2	1	-	3
				Σ=259

T. tamaulipensis y *T. auricornis* son las especies mejor representadas en la colección, posiblemente porque estas especies se distribuyen prácticamente en todo el noreste de México (Tabla 2; Fig. 13), son las especies más comunes y por lo tanto más frecuentemente recolectadas

Con información del material examinado (Tabla 3) se preparó la curva biológica de supervivencia de especies del género *Taeniopoda* Stål, que se muestra en la Figura 1. Durante los primeros meses del año prácticamente no hay presencia de individuos en campo; en el verano las poblaciones empiezan a incrementarse y en el mes de julio se disparan. Durante los meses de agosto-septiembre las poblaciones se mantienen y

para el mes de octubre, durante el otoño, empiezan a declinar. De acuerdo a la información recopilada y observaciones de

campo y laboratorio, las diversas especies de este género, pasan el invierno en estado de huevo.

Tabla 2. Distribución de especies del género *Taeniopoda* Stål, 1873, por Estado. Colección de Ortópteros, Instituto Tecnológico de Cd. Victoria.

	Nuevo León	Tamaulipas	San Luis Potosí	Veracruz	Hidalgo	Oaxaca	Yucatán	El salvador	Honduras
<i>T. tamaulipensis</i>	x	x	x		x				
<i>T. centurio</i>			x	x	x				
<i>T. eques</i>		x							
<i>T. obscura</i>			x				x		
<i>T. auricornis</i>		x	x	x	x				
<i>T. picticornis</i>						x			
<i>T. gutturosa</i>								x	
<i>T. varipennis</i>								x	x

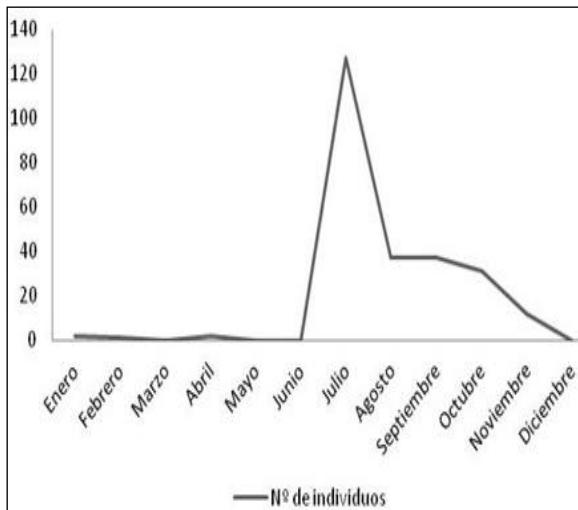


Figura 1. Curva de supervivencia de especies, género *Taeniopoda* Stål, 1873, en un año.

3.1. Descripción breve de las especies del género *Taeniopoda* Stål (1873), aquí tratadas.

Taeniopoda tamaulipensis Rehn 1904 (Fig. 2)

Tegmina con venas y venillas finas de color amarillo claro; la cresta pronotal no es muy pronunciada y es lateralmente de color negro. Las antenas color amarillo fuerte en la mitad basal, apicalmente de color negro. Cabeza y pronoto de color amarillo.

Taeniopoda auricornis (Walker, 1870) (Figs 3, 4)

Sinonimia

Taeniopoda pulchella Bolívar, 1901

Color verde oscuro, los miembros de esta especie destacan por el gran tamaño de la cresta pronotal, cuyo último surco es ancho y profundo, y por las dos bandas anchas, negras del abdomen, con puntos negros al exterior de éstas. Tegmina con numerosos puntos negros de varios tamaños; en los machos las tegmina casi llegan a la punta del abdomen, mientras que en las hembras son más cortas. Antenas color amarillo claro, con segmentos distales color negro.

Taeniopoda centurio (Drury, 1773) (Figs 5-7)

Sinonimia

Monachidium superba Stål, 1855

Taeniopoda centurio var. *reticularis* Bolívar, 1901

Cabeza y pronoto color oscuro-amarillento; cresta pronotal fuertemente prolongada caudalmente, lados de la cresta pronotal generalmente color negro brillante, carina lateral más oscura en la metazona que en la prozona. Tegmina con un margen café oscuro-negro en el ápice, esta característica es poco visible en las hembras; las venas son prominentes y forman la parte más visible de las marcas en las tegmina. Antenas color amarillo claro, con antómeros distales color negro.

***Taeniopoda eques* (Burmeister, 1838)
(Fig. 8)**

Sinonimia

Taeniopoda picticornis Bolívar, 1901

Taeniopoda burmeisteri Bolívar, 1901

Saltamontes robustos, de tamaño mediano a grande, de color negro brillante con marcas amarillas o rojas. Las tegmina son de color verde-amarillo, las venas son de color negro; alas posteriores color rojo con una banda marginal oscura, éstas regularmente son grandes, aunque en ocasiones son más cortas en las hembras. Patas anteriores y medias color café rojizo, con los extremos apicales y basales negros; fémures posteriores de color amarillo en la cara externa, con puntos negros en el área media, el área marginal superior e inferior de color negro (Rivera, 1988).

***Taeniopoda obscura* Bruner, 1907 (Fig. 9)**

Insectos grandes y robustos, de color marrón a negro mate. Pronoto inusualmente ancho y aplanado en el disco del lóbulo posterior (metazona), por lo que las carinas laterales aparecen muy marcadas. El color de las tegmina es marrón a negro mate, en algunas partes el color es más ligero y se limita a unas pocas manchas dispersas y algunas de las venillas a lo largo del disco dorsal. Las alas son de color rojo intenso, el área apical costal es de color muy variado con negro, el margen entero desde el vértice del ángulo anal con borde negro.

***Taeniopoda picticornis* (Walker, 1870)
(Fig. 10)**

Cabeza y pronotum de color amarillo-oliváceo con marcas de color amarillo débilmente indicadas. Cresta pronotal baja, metazona prolongada caudalmente. Antenas basalmente de color amarillo-naranja, aproximadamente la mitad, porción distal de color negro. Área entre venas y venillas tegminales con manchas pequeñas color café oscuro, tegmina sin color negro en el área distal.

***Taeniopoda gutturosa* Bolívar, 1901 (Fig. 11)**

Sinonimia

Taeniopoda aurantiae Bruner, 1907

Metazona pronotal moderadamente prolongada caudalmente; cresta pronotal no muy alta, con

marcas laterales oscuras estrechas pero conspicuas; tegmina de color oliva claro; porción basal de las antenas, poco más de la mitad, de color rojo, porción distal de color negro

***T. varipennis* Rehn, 1905 (Fig. 12)**

Sinonimias

Taeniopoda aurantiae Bruner, 1907

Taeniopoda flavida Bruner, 1907

Metazona pronotal fuertemente prolongada caudalmente; cresta pronotal muy alta, immaculada o ligeramente oscura a los lados; antenas de color rojo, último segmentos antenales de color negro; tegmina de color amarillo.

3.2 Biología y ecología de *Taeniopoda tamaulipensis* Rehn, 1904

T. tamaulipensis es univoltina e inverna en estado de huevo. La cópula duró siete horas con diecinueve minutos en promedio (n=4). El macho cortejó a la hembra por un minuto, aproximadamente, durante el cortejo contrae y estira el abdomen frente a la hembra, la cual permaneció inmóvil. Enseguida el macho sube sobre la hembra por la parte anterior de ésta (cabeza), cuando está encima de ella gira 180° y quedan en posición copulatoria (Fig. 14). Posteriormente el macho realiza movimientos semicirculares con el abdomen y engancha a la hembra con los cercos. Al terminar la cópula, el macho se desgancha de la hembra, la cual queda con el abdomen estirado e inmóvil por unos diez minutos (Fig.15).

La hembra ovipositó en el suelo siete días después de la cópula, a una profundidad de 7 cm (Fig.16). El número de posturas por hembra fue de una ooteca, constituida de serie ovígera y tapón esponjoso (Fig.17). El tapón esponjoso midió 15 mm de longitud por nueve mm de ancho. La serie ovígera fue de 15 mm de longitud y 25 mm de ancho. El número de huevos por ooteca varió de 19 a 28, con un promedio de 24 huevos por ooteca. Los huevos son color café oscuro, en ocasiones parduzcos, tienen una longitud y ancho promedio de 8.8 y 2.8 mm (n=10), respectivamente (Fig. 18). Las hembras mueren generalmente un par de días después de haber ovipositado, mientras que los machos continuaron vivos y apareándose.



Figura 14. *T. tamaulipensis*, pareja en cópula.



Figura 18. Huevos de *T. tamaulipensis*



Figura 15. Hembra de *T. tamaulipensis* después de haber terminado la copula.



Figura 16. *T. tamaulipensis*, ooteca.



Figura 17. Medición de la ooteca de *T. tamaulipensis* Rehn, 1904.

Tabla 3. Distribución de ejemplares de *T. tamaulipensis*, de acuerdo a la fecha de colecta. Colección del Instituto Tecnológico de Cd. victoria.

MESES	Hembras	Machos	Ninfas
Enero	1		1
Febrero		1	
Mayo		1	
Julio	27	29	41
Agosto	9	16	1
Septiembre	15	15	
Octubre	4	18	
Σ	56	80	43

4. DISCUSIÓN

La colección ortopterológica del Instituto Tecnológico de Cd. Victoria alberga ocho especies del género *Taeniopoda* Stål, de un total de 11 especies reconocidas para el género (Hebard, 1925; Eades *et al.*, 2012-OSF). La distribución de los diferentes taxa que componen el género va desde el sur de Estados Unidos hasta las selvas húmedas de Centro América. Las 11 especies que se reconocen para el género están presentes en México (Barrientos, 2004; Fontana *et al.*, 2008); solo una especie, *T. eques*, extiende su distribución al sur de Estados Unidos, y dos de ellas, *T. gutturosa* y *T. varipennis*, extienden su distribución al trópico húmedo de Centro América (Guatemala a Costa Rica, y posiblemente Panamá). Los miembros que integran el género han logrado adaptarse a un gran número de hábitats y condiciones ecológicas, que varían desde tierras áridas en el sur de Estados Unidos y norte de México, al bosque tropical subcaducifolio y bosque

mesófilo de montaña en México, a las selvas húmedas del sureste de México y Centro América. El gradiente altitudinal que habitan los diferentes taxa va desde el nivel del mar hasta los 1900m.

Este género fue considerado como árido-tropical Norte Americano por Hebard (1925). Sin embargo, con excepción de *T. eques* que extiende su distribución al sur de Estados Unidos y *T. gutturosa* y *T. varipennis* que extienden su distribución a Centro América, las ocho especies restantes (*T. tamaulipensis* Rehn, 1904, *T. centurio* (Drury, 1773), *T. obscura* Bruner, 1907, *T. auricornis* (Walker, 1870), *T. picticornis* (Walker, 1870), *T. bicristata* Bruner, 1907, *T. citricornis* Bruner, 1907, *T. stali* Bruner, 1907) son endémicas para México. En el presente trabajo se reportan cinco taxa para la región noreste de México, uno de ellos, *T. obscura*, se creía confinado a la Península de Yucatán; esta especie fue recolectada en Taninul, San Luis Potosí, por lo que es posible que tenga una distribución continua a lo largo del Golfo de México, desde la Huasteca potosina a la Península de Yucatán. Además de *T. eques*, *T. tamaulipensis* parece ser la única especie que extiende su área de distribución hacia el norte, donde fue recolectada en la región templada de la Sierra Madre Oriental, en el Estado de Nuevo León (Santiago, Vitro Parque el Manzano, Rancho el Viejo y Cañón de Santa Rosa). *T. auricornis* se distribuye también ampliamente en el Noroeste de México (sur de Tamaulipas, Oriente de San Luis Potosí, Norte de Veracruz e Hidalgo). *T. centurio* ocurre en el Norte de Hidalgo, sureste de San Luis Potosí y norte de Veracruz. *T. eques* se reporta para el sur de Tamaulipas, en la región de Gómez Farías. Datos sobre comportamiento de apareo, biología y ecología de *T. tamaulipensis* son inéditos.

5. CONCLUSIÓN

La colección de ortópteros del Instituto Tecnológico de Cd. Victoria alberga ocho especies del género *Taeniopoda* Stål. Se proporciona información sobre distribución geográfica de estas especies y sobre biología y ecología de *T. tamaulipensis*. Se recomienda recolectar mayor número de ejemplares que permitan delinear un mejor marco de referencia sobre el origen y distribución del género *Taeniopoda* Stål.

6. LITERATURA CITADA

- Barrientos L.L. 2003. Ortópteros Plaga de México y Centro América: Guía de Campo. Cd. Victoria Tamaulipas, México. 114 pp.
- Barrientos-Lozano L. 2004. Orthoptera. In. Biodiversidad, Taxonomía y Biogeografía de Artrópodos de México. Vol. IV: 603-625.
- Bolívar, I. 1901. El género *Taeniopoda* Stål. Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural (Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat.) 1: 264-270
- Bruner L. & A. P. Morse. 1900-1909. Electronic Biologia Centrali Americana. *Insecta. Orthoptera*. Volume II. R. H. Porter (Ed.). London, U.K.
- Eades, D.C., D. Otte, M.M. Cigliano & H. Braun. *Orthoptera Species File Online*. Version 2.0/4.1. [25-III-2011; 15-XII-2012]. <http://Orthoptera.SpeciesFile.org>.
- Fontana P., Buzzetti F.M., Mariño-Pérez R. 2008. Chapulines, Langostas, Grillos y Esperanzas de México. Guía Fotográfica-Grasshoppers, Locusts, Crickets & Katydid of Mexico, Photographic Guide. WBA Handbooks, 1, Verona. 272pp.
- Hebard M. 1925. A Revision of Genus *Taeniopoda* (Orthoptera, Acrididae, Cyrtacanthacrinae), Vol. 50: 253-274.
- Navarrete H. 2008. Guía de Artrópodos de Arcediano. Comisión Estatal del agua de Jalisco.
- Rivera G. 1988. An annotated checklist of some Orthopteroid Insects of Mapimi Biosphere Reserve (Chihuahua Desert), México. Instituto de Ecología A.C., Xalapa México. 131-149.



Figura 2. *T. tamaulipensis*, macho. Gómez Farías, Tamaulipas. 1 de octubre de 2011



Figura 3. *T. auricornis*, hembra. Pánuco, Veracruz. 2 de octubre de 2010



Figura 4. *T. auricornis*, macho. Pánuco, Veracruz. 29 de octubre de 2010



Figura 5. *T. centurio*, macho. El Naranjo-Cd. del Maíz, San Luis Potosí. 23 de Agosto de 2010



Figura 6. *T. centurio*, macho. El Naranjo-Cd. del Maíz, San Luis Potosí. 23 de Agosto de 2010



Figura 7. *T. centurio*, hembra. Tantoyuca, Veracruz. 15 de octubre de 2011



Figura 8. *T. eques*, hembra. Gómez Farías, Tamaulipas. 5 de Julio de 2003



Figura 9. *T. obscura*, hembra. Taninul, San Luis Potosí. 9 de abril de 2001



Figura 10. *T. picticornis*, hembra. Tanivet, Tlacolula, Oaxaca. 25 de octubre de 2002



Figura 11. *T. gutturosa*, macho. Depto. de La Libertad, El Salvador. 11 de agosto de 1990



Figura 12. *T. varipennis*, macho. Choluteca, Honduras. 22 de noviembre de 1989

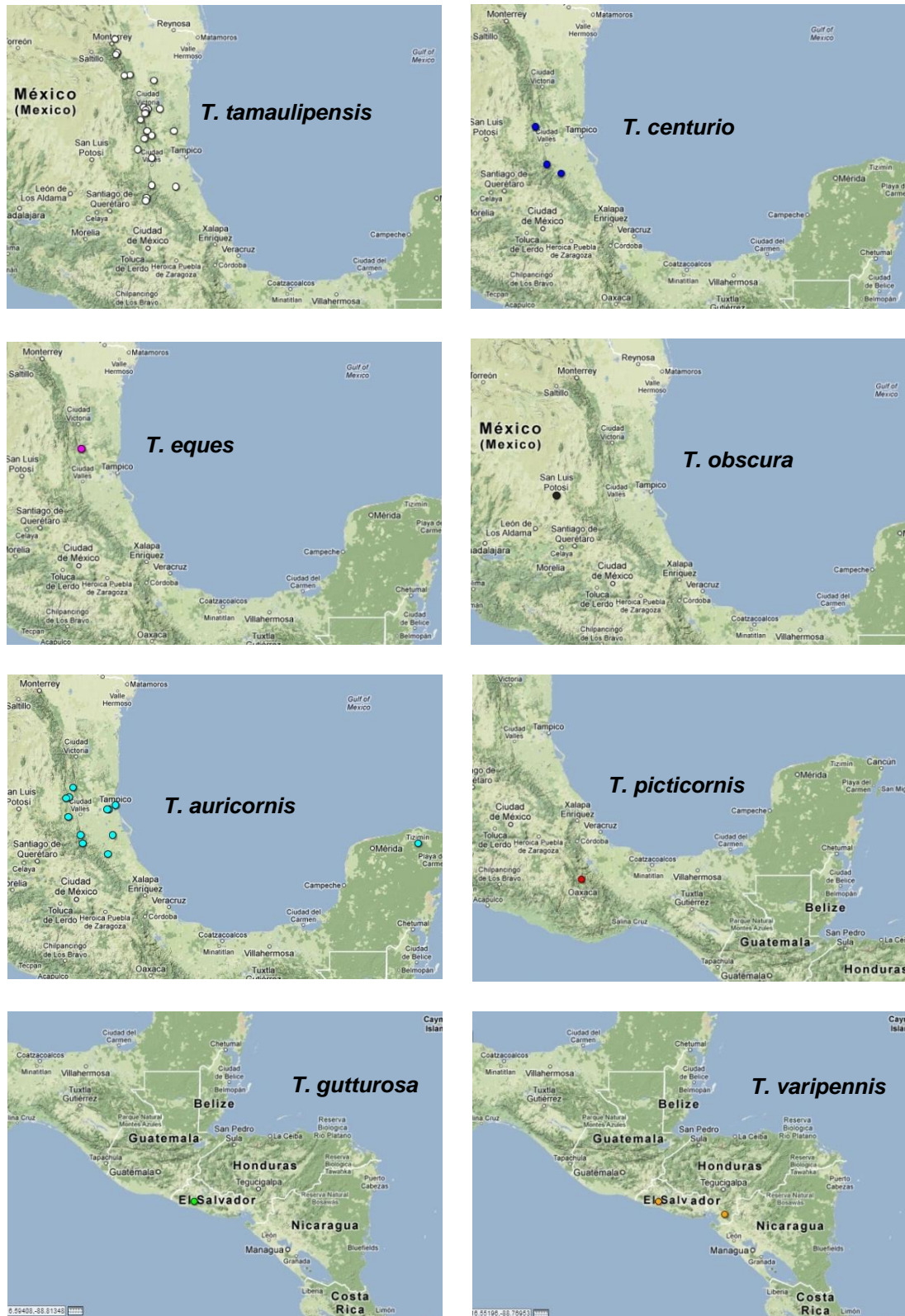


Figura 13. Distribución geográfica de especies del género *Taeniopoda* Stål, reportadas en la colección ortopterológica del Instituto Tecnológico de Cd. Victoria.

EL ARREGLO ORTOGONAL L16 Y SU RELACIÓN CON EL DISEÑO FACTORIAL FRACCIONADO 2^{k-p}

D. A. Balderas-Puga

*División de Posgrado del Instituto Tecnológico de Querétaro
billdavito@yahoo.com.mx*

RESUMEN: Este artículo expone algunos resultados del proyecto "El arreglo ortogonal L16 y su relación con los diseños factoriales completos 2^k y fraccionados 2^{k-p} ". El proyecto muestra el análisis de la estructura del arreglo ortogonal L16 como herramienta para la ejecución de experimentos y su relación con los diseños factoriales completos y fraccionados. El artículo expone los resultados obtenidos para mostrar tal relación.

PALABRAS CLAVE: Arreglos ortogonales, gráficas lineales, y diseños factoriales fraccionados.

ABSTRACT: This paper shows some results from the project "The orthogonal array L16 and their relationship with the 2^k factorial designs and 2^{k-p} fractional factorial designs". The project shows the structure analysis of orthogonal array L16 as a tool for the experiments execution and their relationship with the factorial designs and fractional factorial designs. This paper presents the results obtained to show the relationship.

KEY WORDS: Orthogonal arrays, linear graphs, and fractional factorial designs.

1. INTRODUCCIÓN

Los arreglos ortogonales son matrices que pueden emplearse en la planeación y ejecución de diseños experimentales (Wu y Moore, 1985). En varias publicaciones, incluyendo las realizadas por el propio Genichi Taguchi (Taguchi y Konishi, 1987) y algunos de sus seguidores (Roy, 1990; Ross, 1996; Condra, 2001) dejan muchos aspectos ocultos, ello provoca que se realice una interpretación incorrecta del uso de los arreglos ortogonales y no se comprenda al 100% el rol que juegan las gráficas lineales (Sun y Wu, 1994) y las tablas de interacciones. Los paquetes estadísticos más populares presentan a los arreglos ortogonales de Taguchi como un sector independiente de los diseños factoriales creando así una división artificial en el análisis de diseños experimentales. La clarificación de los aspectos antes mencionados ayudaría a eliminar la barrera artificial citada.

No existe suficiente claridad en la generación de dichos arreglos y se piensa que sólo se pueden emplear como alternativa a los diseños factoriales fraccionados (Pignatiello, 1998). En los diseños factoriales fraccionados existen uno o varios generadores (Montgomery, 2008), de acuerdo con el tamaño de la fracción, para producir el arreglo ortogonal en función del tamaño de la fracción deseada.

El presente trabajo tiene como objetivo mostrar como a partir del método establecido para generar los diseños factoriales fraccionados se puede obtener el arreglo ortogonal L16. De igual forma, se ilustra como el arreglo ortogonal es equivalente a un diseño factorial completo 2^k y se muestra que el arreglo ortogonal es versátil para emplearse como un diseño fraccionado en diversos casos.

2. ANTECEDENTES

La publicación más extensa de arreglos ortogonales y sus complementos es aquella publicada por el American Supplier Institute (Wu y Moore, 1985), en la cual se muestra un número considerable de arreglos ortogonales para diseños que implican factores de dos (L4, L8, L16, L32 y L64), tres (L9, L27 y L81), cuatro (L16) y cinco niveles (L25) así como las tablas de interacciones correspondientes y gráficas lineales. Emplea una variante para los símbolos de las gráficas lineales con el fin de hacer explícito el concepto del factor más difícil de manipular para el cambio de niveles y en la estructura de los arreglos ortogonales los agrupa por familias con el mismo fin. Sin embargo, no se indica como se generaron los arreglos mostrados. Más tarde, apareció una publicación exclusiva (Taguchi y Konishi, 1987) de los arreglos ortogonales y gráficas lineales.

Se ha escrito que el enfoque de Taguchi se divide en la estrategia y la táctica; se hace mención a la controversia que desató Taguchi al recomendar que el orden en el cual se obtuvieran los datos no fuera aleatorizado (Pignatiello, 1988).

En un texto introductorio se describen las propiedades de los arreglos ortogonales así como algunos métodos para su modificación. Se hace énfasis en el uso de las gráficas lineales para la introducción de las interacciones en los arreglos ortogonales (Roy, 1990).

Se ha presentado el concepto de gráficas de interacción como ayuda gráfica para planear experimentos factoriales fraccionados y se ha mostrado un enfoque que permite generar arreglos ortogonales para factores de dos niveles en el cual se encuentra implícito el orden de Yates (Kacker y Tsui, 1990).

Se han propuesto dos cambios al paquete de arreglos ortogonales de Taguchi. El primero consiste en introducir las tablas de confusión como complemento a las tablas de interacciones. El segundo consiste en una modificación de las gráficas lineales de Taguchi en la forma como se dibujan los vértices y las líneas para indicar si los efectos e interacciones correspondientes a esos vértices y líneas están confundidos con otras interacciones de segundo orden. Dichos cambios tienden a motivar el uso de un conjunto diferente de gráficas lineales y en consecuencia hacer uso de diseños de mayor resolución (Robinson, 1993).

Se ha propuesto el concepto de gráficas de interacciones como una alternativa a las gráficas lineales de Taguchi y se han presentado nuevas gráficas para diseños factoriales fraccionados de tres niveles (Sun y Wu, 1994).

En un texto publicado por McGraw Hill (Ross, 1996) se muestra brevemente como el concepto de resolución está inmerso en la estructura de los arreglos ortogonales. Profundiza en la selección del arreglo, la asignación de los factores e interacciones a las columnas del arreglo y en los métodos existentes para modificar las columnas de los arreglos con el objeto de introducir factores con un número distinto de niveles. Muestra diversos

ejemplos en los cuales aborda el análisis estadístico ligado a los arreglos ortogonales en diversos escenarios de experimentación.

Se ha sugerido que el análisis numérico se realice con el software Qualitek-4 a través de once casos de aplicaciones en diversos contextos (Roy, 2001).

Se ha desarrollado un análisis comparativo entre el diseño experimental clásico y el propuesto por Taguchi en relación al conocimiento del proceso, entendimiento de la variabilidad, factores de ruido, combinaciones de pruebas y experimentos de confirmación (Cesarone, 2001).

Por otra parte, en el Manual de Ingeniería de Calidad sólo se hace mención explícita en dos capítulos de los arreglos ortogonales tomando como ejemplo al arreglo L16 y explicando el rol y tipos de arreglos ortogonales. De igual forma muestra una breve explicación de la adaptación de las gráficas lineales y la modificación de los arreglos ortogonales. Además en la sección 2 incluye 66 casos de aplicaciones químicas, eléctricas y mecánicas con usos diversos de los arreglos ortogonales (Taguchi *et al.*, 2004).

Se han llevado a cabo estudios que muestran la metodología para comparar arreglos ortogonales con los diseños clásicos, en particular se han publicado los resultados obtenidos para el arreglo ortogonal L4 (Balderas y Ledesma 2011). Los resultados de tal análisis incluyen al arreglo ortogonal L8 y se muestran en el reporte final del proyecto de investigación –ya concluido– en el SNET con registro QRO-MII-2010-102.

3. PROPIEDADES DE LOS ARREGLOS ORTOGONALES

Ortogonal significa en términos del arreglo que las columnas de los arreglos están balanceadas. Balanceada tiene dos significados. Primero, cada columna está balanceada en sí misma. Esto significa que dentro de una columna, existe un número igual de niveles. Además, los números en la columna siguen un cierto orden en lugar de estar distribuidos aleatoriamente. Se puede obtener un sentido de este orden leyendo las columnas (empezando con la 1) verticalmente, de arriba hacia abajo. Este arreglo balanceado en cada una asegura que cada nivel del factor, no

importa en que columna esté asignado, tiene igual oportunidad de influir en los resultados. Segundo, cualesquiera dos columnas en los arreglos están también balanceadas. El balance en este caso indica que las combinaciones de los niveles entre las columnas consideradas están también iguales en número. Consideremos el arreglo ortogonal L4.

Experimento número	Columna	
	1	2
1	1	1
2	1	2
3	2	1
4	2	2

Cada combinación está presente una vez. En las columnas del arreglo L8 estas combinaciones están presentes dos veces cada una y en el L16 cuatro veces cada una. Esta propiedad de balance entre cualesquiera dos columnas asegura que todas las posibles cuatro combinaciones existan en igual número.

Sin relación a la propiedad de ortogonalidad, pueden hacerse un par de observaciones generales al leer los arreglos a lo largo de los renglones. El primer renglón de todos los arreglos tiene sólo 1's. La segunda observación es que no hay renglón que tenga sólo 2's, 3's o 4's. Estas observaciones se mantienen ciertas sin considerar el arreglo para incluir 2, 3 o 4 niveles.

4. EL ARREGLO ORTOGONAL L16

En este sector se lleva a cabo el análisis del arreglo ortogonal L16 empleando su tabla de interacciones y el software Minitab para generar los diseños de la serie 2^k y 2^{k-p} . El arreglo L16 puede incluir hasta un máximo de 15 factores y utiliza 16 corridas como se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1. Arreglo ortogonal L16.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2
3	1	1	1	2	2	2	2	1	1	1	1	2	2	2	2
4	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1
5	1	2	2	1	1	2	2	1	1	2	2	1	1	2	2
6	1	2	2	1	1	2	2	2	2	1	1	2	2	1	1

7	1	2	2	2	2	1	1	1	1	2	2	2	2	1	1
8	1	2	2	2	2	1	1	2	2	1	1	1	1	2	2
9	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
10	2	1	2	1	2	1	2	2	1	2	1	2	1	2	1
11	2	1	2	2	1	2	1	1	2	1	2	2	1	2	1
12	2	1	2	2	1	2	1	2	1	2	1	1	2	1	2
13	2	2	1	1	2	2	1	1	2	2	1	1	2	2	1
14	2	2	1	1	2	2	1	2	1	1	2	2	1	1	2
15	2	2	1	2	1	1	2	1	2	2	1	2	1	1	2
16	2	2	1	2	1	1	2	2	1	1	2	1	2	2	1

Con el objeto de analizar interacciones el arreglo L16 es auxiliado por una tabla de interacciones, la cual indica en la intersección de renglón-columna el número de columna donde debería ubicarse.

La tabla de interacciones asociada al arreglo L16 se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2. Tabla de interacciones.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	3	2	5	4	7	6	9	8	11	10	13	12	15	14
	2	1	6	7	4	5	10	11	8	9	14	15	12	13
		3	7	6	5	4	11	10	9	8	15	14	13	12
			4	1	2	3	12	13	14	15	8	9	10	11
				5	3	2	13	12	15	14	9	8	11	10
					6	1	14	15	12	13	10	11	8	9
						7	15	14	13	12	11	10	9	8
							8	1	2	3	4	5	6	7
								9	3	2	5	4	7	6
									10	1	6	7	4	5
										11	7	6	5	4
											12	1	2	3
												13	3	2
													14	1

La asignación de letras mayúsculas a las columnas del arreglo permite identificar las corridas bajo la notación de Yates. Una posible asignación se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3. Una asignación posible.

	D	C	P	B	O	N	H	A	M	L	G	K	F	E	J	Notación de Yates
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	(1)

2	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	amlgkfej
3	1	1	1	2	2	2	2	1	1	1	1	2	2	2	2	2	bonhkfej
4	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	bonhamlg
5	1	2	2	1	1	2	2	1	1	2	2	1	1	2	2	2	cpnhlgej
6	1	2	2	1	1	2	2	2	2	1	1	2	2	1	1	1	cpnhamkf
7	1	2	2	2	2	1	1	1	1	2	2	2	2	1	1	1	cpbolgkf
8	1	2	2	2	2	1	1	2	2	1	1	1	1	2	2	2	cpboamej
9	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	2	dpohmgfj
10	2	1	2	1	2	1	2	2	1	2	1	2	1	2	1	2	dpohalke
11	2	1	2	2	1	2	1	1	2	1	2	2	1	2	1	2	dpbnmgke
12	2	1	2	2	1	2	1	2	1	2	1	1	2	1	2	2	dpbnalfj
13	2	2	1	1	2	2	1	1	2	2	1	1	2	2	1	2	dconmlfe
14	2	2	1	1	2	2	1	2	2	1	1	2	2	1	1	2	dconagkj
15	2	2	1	2	1	1	2	1	2	2	1	2	1	1	2	2	dcbhmlkj
16	2	2	1	2	1	1	2	2	1	2	1	2	2	1	2	2	dcbhagfe

D - AM - BO - CP - EJ - FK - GL - HN
C - AL - BN - DP - EK - FJ - GM - HO
P - AG - BH - CD - EF - JK - LM - NO
B - AK - CN - DO - EL - FM - GJ - HP
O - AF - BD - CH - EG - JL - KM - NP
N - AE - BC - DH - FG - JM - KL - OP
H - AJ - BP - CO - DN - EM - FL - GK
A - BK - CL - DM - EN - FO - GP - HJ
M - AD - BF - CG - EH - JN - KO - LP
L - AC - BE - DG - FH - JO - KN - MP
G - AP - BJ - CM - DL - EO - FN - HK
K - AB - CE - DF - GH - JP - LN - MO
F - AO - BM - CJ - DK - EP - GN - HL
E - AN - BL - CK - DJ - FP - GO - HM
J - AH - BG - CF - DE - KP - LO - MN

El arreglo ortogonal L16 representa un diseño fraccionado 2^{15-11} , es decir la fracción de $1/2048$ de un diseño 2^{15} . A partir del procedimiento genérico descrito por Montgomery (2008) se puede generar un diseño fraccionado 2^{15-11} con los generadores E = ABC, F = ABD, G = ACD, H = BCD, J = -ABCD, K = -AB, L = -AC, M = -AD, N = -BC, O = -BD y P = -CD. Tal diseño se ilustra en la Tabla 4.

Si en la Tabla 4 reemplazamos al signo “-” por “1” y al signo “+” por “2”, obtenemos una tabla que permite identificar la columna asociada al arreglo ortogonal L16 tal como lo muestra la Tabla 5.

Así, el arreglo ortogonal L16 es equivalente a un diseño 2^{15-11} con los generadores E = ABC, F = ABD, G = ACD, H = BCD, J = -ABCD, K = -AB, L = -AC, M = -AD, N = -BC, O = -BD y P = -CD. La fracción número 16 en Minitab tiene asociados los mismos generadores.

Cuando se asigna un factor a cada columna del arreglo ortogonal L16 de hecho se está empleando un diseño fraccionado 2^{15-11} cuya resolución es III. La asignación siguiente de factores a las columnas implica un patrón específico de alias entre efectos factoriales.

D	C	P	B	O	N	H	A	M	L	G	K	F	E	J
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15

El patrón de alias que asocia los factores con interacciones de segundo orden es el siguiente:

Todos los factores están aliados con siete interacciones de segundo orden. Esto ilustra la razón por la cual el arreglo ortogonal L16 que emplea todas las columnas es un diseño de resolución III.

5. USOS ALTERNOS DEL ARREGLO ORTOGONAL L16

El arreglo puede tener otros usos. A continuación se describen algunos de ellos, se incluyen diseños completos 2^k y fraccionados 2^{k-p} .

- a) Cualquier columna que se elija para ubicar un solo factor produce un diseño 2^1 con 8 observaciones por nivel. Al elegir solo una columna quedan libres las otras 14 para estimar el error experimental. El análisis estadístico es equivalente al Análisis de Varianza de una vía.
- b) Cualesquiera dos columnas que se elijan para ubicar dos factores permiten obtener un diseño 2^2 con cuatro réplicas. Si se incluye la interacción entre los dos factores quedan libres 12 columnas para estimar el error experimental. El análisis estadístico es equivalente al Análisis de Varianza de dos vías.
- c) La elección adecuada de tres columnas del arreglo podría generar un diseño 2^3 completo con dos réplicas. Por ejemplo las

columnas, 1,2 y 4 o 7,8 y 9. El análisis estadístico es equivalente a un diseño 2^3 con $n = 2$ réplicas. Sin embargo, no todos los tríos de columnas generen un 2^3 completo. Las columnas 1, 2 y 3 producen un diseño 2^{3-1} con 4 observaciones en cada corrida [1,1,1], [1,2,2,], [2,1,2] y [2,2,1].

- d) La elección adecuada de cuatro columnas puede generar un diseño 2^4 completo con una réplica. Por ejemplo, las columnas 1, 2, 4 y 8 producen el diseño de la Tabla 6.
- e) La elección adecuada de cinco columnas puede generar un diseño 2^{5-1} . Por ejemplo, las columnas 1, 2, 4, 8 y 15 producen el diseño de la Tabla 6. Esta asignación es equivalente a un diseño 2^{5-1} de Resolución V con generador $E = -ABCD$.
- f) La elección adecuada de seis columnas puede generar un diseño 2^{6-2} . Por ejemplo, la asignación de D, C, B, F, A y E a las columnas 1, 2, 4, 7, 8 y 14, respectivamente, es equivalente a un diseño 2^{6-2} de Resolución IV con generadores $E = ABCD$ y $F = BCD$.

Tabla 6. Diseño 2^4 completo de una réplica.

	A	B	C	D	Notación de Yates
	1	2	4	8	
1	1	1	1	1	(1)
2	1	1	1	2	d
3	1	1	2	1	c
4	1	1	2	2	cd
5	1	2	1	1	b
6	1	2	1	2	bd
7	1	2	2	1	bc
8	1	2	2	2	bcd
9	2	1	1	1	a
10	2	1	1	2	ad
11	2	1	2	1	ac
12	2	1	2	2	acd
13	2	2	1	1	ab
14	2	2	1	2	abd
15	2	2	2	1	abc
16	2	2	2	2	abcd

- g) La elección adecuada de siete columnas puede generar un diseño 2^{7-3} . Por ejemplo, la asignación que se muestra en la Tabla 7 es equivalente a un diseño 2^{7-3} de

Resolución IV con generadores $E = ABC$, $F = BCD$ y $G = ACD$.

Tabla 7. Diseño 2^{7-3} derivado del arreglo ortogonal L16.

	D	C	B	F	A	G	E	Notación de Yates
	1	2	4	7	8	11	14	
1	1	1	1	1	1	1	1	(1)
2	1	1	1	1	2	2	2	age
3	1	1	2	2	1	1	2	bfe
4	1	1	2	2	2	2	1	bfag
5	1	2	1	2	1	2	2	cfge
6	1	2	1	2	2	1	1	cfa
7	1	2	2	1	1	2	1	cbg
8	1	2	2	1	2	1	2	cbae
9	2	1	1	2	1	2	1	dfg
10	2	1	1	2	2	1	2	dfae
11	2	1	2	1	1	2	2	dbge
12	2	1	2	1	2	1	1	dba
13	2	2	1	1	1	1	2	dce
14	2	2	1	1	2	2	1	dcag
15	2	2	2	2	1	1	1	dcbf
16	2	2	2	2	2	2	2	dcbfage

- h) La elección adecuada de ocho columnas puede generar un diseño 2^{8-4} . Por ejemplo, la asignación de D, C, B, E, A, F, H y G a las columnas 1, 2, 4, 7, 8, 11, 13 y 14, respectivamente, es equivalente a un diseño 2^{8-4} de Resolución IV con generadores $E = BCD$, $F = ACD$, $G = ABC$ y $H = ABD$.
- i) La elección adecuada de nueve columnas puede generar un diseño 2^{9-5} . Por ejemplo, la asignación que se muestra en la Tabla 8 es equivalente a un diseño 2^{9-5} de Resolución III con generadores $E = ABC$, $F = BCD$, $G = ACD$, $H = ABD$ y $J = -ABCD$.

Tabla 8. Diseño 2^{9-5} derivado del arreglo ortogonal L16.

	D	C	B	F	A	G	H	E	J	Notación de Yates
	1	2	4	7	8	11	13	14	15	
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	(1)
2	1	1	1	1	2	2	2	2	2	aghej
3	1	1	2	2	1	1	2	2	2	bfhej
4	1	1	2	2	2	2	1	1	1	bfag
5	1	2	1	2	1	2	1	2	2	cfgej
6	1	2	1	2	2	1	2	1	1	cfah

7	1	2	2	1	1	2	2	1	1	cbgh
8	1	2	2	1	2	1	1	2	2	cbaej
9	2	1	1	2	1	2	2	1	2	dfghj
10	2	1	1	2	2	1	1	2	1	dfae
11	2	1	2	1	1	2	1	2	1	dbge
12	2	1	2	1	2	1	2	1	2	dbahj
13	2	2	1	1	1	1	2	2	1	dche
14	2	2	1	1	2	2	1	1	2	dcagj
15	2	2	2	2	1	1	1	1	2	dcbfj
16	2	2	2	2	2	2	2	2	1	dcbfaghe

- j) La elección adecuada de diez columnas puede generar un diseño 2^{10-6} . Por ejemplo, la asignación de D, C, B, F, A, G, K, H, E y J a las columnas 1, 2, 4, 7, 8, 11, 12, 13, 14 y 15, respectivamente, es equivalente a un diseño 2^{10-6} de Resolución III con generadores E = ABC, F = BCD, G = ACD, H = ABD, J = - ABCD y K = - AB.
- k) La elección adecuada de once columnas puede generar un diseño 2^{11-7} . Por ejemplo, la asignación de D, C, B, F, A, L, G, K, H, E y J a las columnas 1, 2, 4, 7, 8, 10, 11, 12, 13, 14 y 15, respectivamente, es equivalente a un diseño 2^{11-7} de Resolución III con generadores E = ABC, F = BCD, G = ACD, H = ABD, J = - ABCD, K = - AB y L = - AC.
- l) La elección adecuada de doce columnas puede generar un diseño 2^{12-8} . Por ejemplo, la asignación de D, C, B, H, A, M, L, G, K, F, E y J a las columnas 1, 2, 4, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14 y 15, respectivamente, es equivalente a un diseño 2^{12-8} de Resolución III con generadores E = ABC, F = BCD, G = ACD, H = BCD, J = - ABCD, K = - AB, L = - AC y M = - AD.
- m) La elección adecuada de trece columnas puede generar un diseño 2^{13-9} . Por ejemplo, la asignación de D, C, B, N, H, A, M, L, G, K, F, E y J a las columnas 1, 2, 4, 6, 7, 8, 10, 11, 12, 13, 14 y 15, respectivamente, es equivalente a un diseño 2^{13-9} de Resolución III con generadores E = ABC, F = ABD, G = ACD, H = BCD, J = - ABCD, K = - AB, L = - AC, M = - AD y N = - BC.
- n) La elección adecuada de catorce columnas puede generar un diseño 2^{14-10} . Por ejemplo, la asignación de D, C, B, O, N, H, A, M, L, G, K, F, E y J a las columnas 1, 2, 4, 5, 6, 7,

8, 9, 10, 11, 12, 13, 14 y 15, respectivamente, es equivalente a un diseño 2^{14-10} de Resolución III con generadores E = ABC, F = ABD, G = ACD, H = BCD, J = - ABCD, K = - AB, L = - AC, M = - AD, N = - BC y O = - BD.

De esta forma, se ha mostrado que de acuerdo con la selección adecuada de algunas columnas del arreglo ortogonal L16, este es equivalente a algún diseño de la serie 2^k o un 2^{k-p} , es decir, un diseño completo o fraccionado, respectivamente.

6. CONCLUSIONES

Se ha analizado la estructura del arreglo ortogonal L16 como medio para la ejecución de experimentos y su relación con el diseño factorial fraccionado 2^{15-11} . De igual forma se han ilustrado otros usos del arreglo ortogonal L16 como diseño factorial completo 2^k y diseño factorial fraccionado 2^{k-p} . De esta forma, es evidente que el diseño ortogonal L16 puede ser útil en diversos escenarios de experimentación desde un factor hasta quince.

También, se ha mostrado como la siguiente asignación de factores a columnas en el arreglo ortogonal L16

D	C	P	B	O	N	H	A	M	L	G	K	F	E	J
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15

es igual a generar el diseño 2^{15-11} con los generadores E = ABC, F = ABD, G = ACD, H = BCD, J = -ABCD, K = -AB, L = -AC, M = -AD, N = -BC, O = -BD y P = -CD. En consecuencia, ambos arreglos son equivalentes.

7. LITERATURA CITADA

Balderas, D.A. y J.J. Ledesma, 2011. El arreglo ortogonal L_4 , su relación con el diseño factorial fraccionado 2^{3-1} y sus alternativas de uso. *TecnolIntelecto* Vol.8 (1): 35-43.

Cesarone, John, 2001. *The Power of Taguchi*, IIE Solutions, Vol. 34 (11): 36-40.

Condra, Lloyd W., 2001. *Reliability Improvement with Design of Experiments*, Second Ed., Marcel Dekker.

Kacker, Raghu N., y Kwok-Leung Tsui, 1990. *Interaction Graphs: Graphical Aids for*

- Planning Experiments, *Journal of Quality Technology*, Vol. 22 (1): 1-14
- Montgomery, D.C., 2008. *Design and Analysis of Experiments*, 7th. Ed. Wiley.
- Pignatiello Jr., Joseph J., 1998. An Overview of the Strategy and Tactics of Taguchi, *IIE Transactions*, Vol. 20 (3): 247-253.
- Robinson, G. K., 1993. Improving Taguchi's Packaging of Fractional Factorial Designs, *Journal of Quality Technology*, Vol. 25 (1): 1-11.
- Ross, Philip J., 1996. *Taguchi Techniques for Quality Engineering*, Second Ed., McGraw Hill.
- Roy, Ranjit, 1990. *A Primer on the Taguchi Method*, Van Nostrand Reinhold.
- Roy, Ranjit, 2001. *Design of Experiments Using the Taguchi Approach*, Wiley-Interscience.
- Sun, D. X., y C.F.J. Wu, 1994. Interaction Graphs for Three-Level Fractional Factorial Designs, *Journal of Quality Technology*, Vol. 26 (4): 297-307.
- Taguchi G. y S. Konishi, 1987. *Orthogonal Arrays and Linear Graphs*, American Supplier Institute, Dearborn, MI.
- Taguchi, Genichi, Subir Chowdhury y Yuin Wu, 2004. *Taguchi's Quality Engineering Handbook*, Wiley-Interscience.
- Wu, Yuin y W. H. Moore, 1985. *Quality Engineering: Product and Process Design Optimization*, American Supplier Institute, Dearborn, MI.

Tabla 4. Diseño 2^{15-11} de acuerdo con el procedimiento genérico descrito por Montgomery.

Orden de Yates	A	B	C	D	E=AB C	F=AB D	G=AC D	H=BC D	J=- ABCD	K=- AB	L=- AC	M=- AD	N=- BC	O=- BD	P=- CD
(1)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
a	+	-	-	-	+	+	+	-	+	+	+	+	-	-	-
b	-	+	-	-	+	+	-	+	+	+	-	-	+	+	-
ab	+	+	-	-	-	-	+	+	-	-	+	+	+	+	-
c	-	-	+	-	+	-	+	+	+	-	+	-	+	-	+
ac	+	-	+	-	-	+	-	+	-	+	-	+	+	-	+
bc	-	+	+	-	-	+	+	-	-	+	+	-	-	+	+
abc	+	+	+	-	+	-	-	-	+	-	-	+	-	+	+
d	-	-	-	+	-	+	+	+	+	-	-	+	-	+	+
ad	+	-	-	+	+	-	-	+	-	+	+	-	-	+	+
bd	-	+	-	+	+	-	+	-	-	+	-	+	+	-	+
abd	+	+	-	+	-	+	-	-	+	-	+	-	+	-	+
cd	-	-	+	+	+	+	-	-	-	-	+	+	+	+	-
acd	+	-	+	+	-	-	+	-	+	+	-	-	+	+	-
bcd	-	+	+	+	-	-	-	+	+	+	+	+	-	-	-
abcd	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-

Tabla 5. Equivalencia entre el diseño 2^{15-11} y el arreglo ortogonal L16.

Orden de Yates	A	B	C	D	E=A BC	F=A BD	G=A CD	H=B CD	J=- ABCD	K=- AB	L=- AC	M=- AD	N=- BC	O=- BD	P=- CD
(1)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
a	2	1	1	1	2	2	2	1	2	2	2	2	1	1	1
b	1	2	1	1	2	2	1	2	2	2	1	1	2	2	1
ab	2	2	1	1	1	1	2	2	1	1	2	2	2	2	1
c	1	1	2	1	2	1	2	2	2	1	2	1	2	1	2
ac	2	1	2	1	1	2	1	2	1	2	1	2	2	1	2
bc	1	2	2	1	1	2	2	1	1	2	2	1	1	2	2
abc	2	2	2	1	2	1	1	1	2	1	1	2	1	2	2
d	1	1	1	2	1	2	2	2	2	1	1	2	1	2	2
ad	2	1	1	2	2	1	1	2	1	2	2	1	1	2	2
bd	1	2	1	2	2	1	2	1	1	2	1	2	2	1	2
abd	2	2	1	2	1	2	1	1	2	1	2	1	2	1	2
cd	1	1	2	2	2	2	1	1	1	1	2	2	2	2	1
acd	2	1	2	2	1	1	2	1	2	2	1	1	2	2	1
bcd	1	2	2	2	1	1	1	2	2	2	2	2	1	1	1
abcd	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1
Columna del arreglo ortogonal	8	4	2	1	14	13	11	7	15	12	10	9	6	5	3

MÉTODO DE TRANSPORTE EN LA GESTIÓN DE OPERACIONES

J.C. Ramírez-Rodríguez & F. Taracena-Sanz

División de Estudios de Posgrado e Investigación. Maestría en Ingeniería Industrial. Instituto Tecnológico de Querétaro. Av. Tecnológico s/n esq. Gral. Mariano Escobedo CP 76000, Col Centro, Santiago de Querétaro, Qro., Tel. (442) 227 44 00 c/10 líneas, Fax 01 (442)2169931 j-carlos-ramirez@hotmail.com, fteracena@yahoo.com.mx

RESUMEN: Las compañías cuyas actividades incluyen la distribución de productos, enfrentan dificultades como la rentabilidad y los incrementos en los costos. En México las empresas nuevas que empiezan a operar cada año involucrándose con la logística tienen que optimizar la operación. Este artículo presenta una metodología para el diseño de rutas para una empresa cuya actividad principal es la distribución de gas licuado de petróleo, aplicando el método de transporte. Este tipo de compañía suele hacer su programación basándose en experiencias pasadas y en políticas de la empresa. La metodología toma en cuenta los costos de transporte, las capacidades de los vehículos y la demanda del cliente. El objetivo principal es facilitar de forma sistemática el enrutamiento diario y la toma de decisiones de la compañía.

PALABRAS CLAVE: Investigación operativa, logística, distribución.

ABSTRACT: Companies whose activities include product distribution face profitability difficulties as energy crisis increases costs. In México, numerous new companies start operations every year involved with logistics, pushing the existing companies in the sector to optimize operations. This paper presents a model for vehicle routing for a company whose main activity is gas distribution. These types of companies usually make their routing schedule based on past experiences and certain company policies. The proposed model takes into account transportation costs, vehicle capacities and customer demand. The main objective of the model is to provide a systematic tool for the daily routing decision-making of the company.

KEY WORDS: Operations research, logistics, distribution.

1. INTRODUCCIÓN

Como se observa en la optimización económica de redes de transporte del tipo VRPTW de Víctor Yepes Piqueras o como la optimización de rutas con algoritmos de Josep R. Medina Folgado, en donde se trata la resolución de este tipo de problemas basada en el esquema de simulación y sobre como la distribución afecta directamente a la competitividad de las empresas, el transporte puede analizarse como una consecuencia de la actividad productiva dentro del sector manufacturero, teniendo como referencia que la logística aporta de manera global todas las actividades productivas desde la distribución de materias primas, la fabricación, almacenaje, distribución y reparto al cliente final, y que el objetivo principal es satisfacer la demanda del mercado a un costo bajo, atendiendo siempre al cliente en cuanto a información en tiempo real. Así mismo el modelo logístico compuesto, como lo cita Ratlif y Nuty (1996):

“La logística es la colección de actividades asociadas con la adquisición, el transporte, el almacenamiento y el reparto de mercancías (es decir, los productos en todas sus etapas de manufactura, servicios e información)”.

La cadena de suministro abarca todas las actividades relacionadas con el flujo y la transformación de bienes, desde la etapa de materia prima hasta el usuario final, así como los flujos de información relacionados (Ballou Ronald, 2004). La logística por su parte cubre todas las actividades ya mencionadas, además ha comprobado su apoyo en la industria en general y otras actividades como el transporte, servicios postales, reparto de mercancías, materias primas en las ciudades, o el servicio de transporte público, algunas razones que explican la aplicabilidad de la logística (Moreno Quintero, 2000), son: La falta de regularización del transporte en México, los mercados globalizados, la satisfacción del cliente, los requerimientos medioambientales y el

desarrollo de tecnología, entre otras, esto lleva a un ambiente global de alta competencia.

La correcta operación dentro de un esquema de logística empresarial que relaciona proveedores, fabricantes y almacenes se clasifican según Arbones (1990), en tres subsistemas: Aprovechamiento, Producción y Distribución.

En esta investigación el objetivo es emplear el método de transporte, del que se deriva la asignación de equipo de transporte a los diferentes clientes, logrando que cada camión sea colocado en cada destino a un costo menor que la asignación sin emplear alguna metodología, y por la necesidad de lograr la colaboración del ámbito laboral y el sector educativo, logrando aplicar una metodología a una empresa de transporte de gas licuado de petróleo en la ciudad de Querétaro, la cual ayuda al mejor entendimiento de este tipo de industria, particularmente en el funcionamiento operativo y lograr una reducción en los costos, partiendo de la hipótesis alterna, la cual indica que al emplear esta metodología se obtiene un ahorro económico.

2. FUNDAMENTOS TEORICOS

La gestión del parque vehicular se lleva a cabo mediante el uso de métodos cuantitativos de apoyo, orientados en la aplicación de herramientas e información, para desempeñar las actividades relacionadas con la administración de las operaciones (Yepes Piqueras, 2000).

2.1 Diseño cuantitativo

La problemática de la logística con el enfoque cuantitativo no consiste en elegir una metodología que arroje información a partir de la introducción de datos y emitir un resultado. En el mejor de los casos demanda la aplicación de una metodología que dé por hecho el uso del modelo que se aplique y que incluya puntos de revisión e interpretación de los datos de manera correcta para la toma de decisiones, (Ballou Ronald, 1999). En la figura 1 se muestra la secuencia de pasos para desarrollar una metodología que en la aplicación resulte de utilidad para los usuarios (Ronald Ballou, 1999). Es importante describir el problema para obtener los resultados e identificar la causa del mismo. En el desarrollo de una

metodología que se pretende aplicar en alguna organización, es necesaria la participación del equipo de trabajo que conoce el sistema logístico y el personal que está familiarizado con modelos matemáticos para resolver el problema (Lozano-Cuevas, 1993).

Independientemente del enfoque dado a la solución de un problema, la metodología que se elija debe ser sencilla y realista para las primeras aplicaciones, esto empuja a desarrollar un procedimiento de solución, y proporcionar la información de entrada para el proceso de generación de resultados (Moreno Quintero, 2000). La investigación arroja la información necesaria e importante para obtener resultados satisfactorios. Cuando un modelo matemático se desarrolla o en su caso se puede adecuar a la realidad, solo se tiene un beneficio si hay datos correctos para la alimentación de esta. Por otro lado, Identificar el tipo de información para un problema de índole logístico, saber los datos que se necesitan. El análisis en la práctica puede pasar por alto aspectos como desfases en tiempos de entrega de los equipos, variaciones en los niveles de producción y almacenes, la programación de la flota y plantilla de operadores o la misma demanda del cliente, según el análisis de la empresa en cuestión.

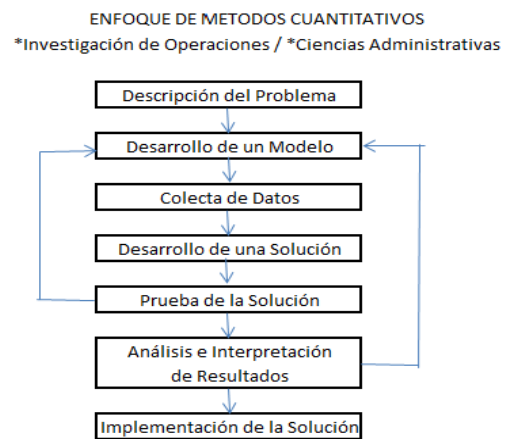


Figura 1. Análisis Cuantitativo para la administración (Render y Stair, 1997).

Es importante que el equipo de trabajo pueda interpretar los resultados y analizar lo que arroja la metodología. Esto será más productivo si hay participación del personal que cuenta con experiencia y del personal que realiza la

investigación con los conocimientos suficientes del sistema empleado y desarrollado, con el fin de aprovechar de manera correcta las soluciones. Ya que los algoritmos que resuelven este tipo de problemas ignoran el significado de los datos cuantitativos con los que se alimentan, es importante comparar los resultados empleando la experiencia del equipo logístico. Antes de la aplicación e implementación, los resultados se comparan con el método actual de trabajo. Es importante que el personal encargado de la administración logística acepte el estudio y se comprometa con la aplicación, adecuación y mejora continua.

3. METODOLOGÍA

La investigación de operaciones es la aplicación de métodos para lograr incrementar la eficacia, efectividad y resultados de las operaciones que se presentan en el campo real de las organizaciones (Ballou Ronald, 2004).

En lo particular, la aplicación del modelo de transporte para este caso se adaptó con fines prácticos y con la metodología en el campo real, específicamente en el ramo del transporte de distribución de gas licuado de petróleo, para lo cual se emplearon 10 camiones y de estos se obtuvieron su capacidad, consumo de combustible, gasto de peajes, mano de obra, así mismo se empleo un supervisor de ruta, un analista y equipo de computo para recabar, analizar y procesar los datos. Se llevo a cabo la recolección de datos, los cuales fueron: distancias, peajes, consumo de combustible, pesos, demanda y mano de obra. Por otro lado para lograr obtener la información necesaria y lograr alimentar la matriz de datos, se trazo cada ruta y se determino cada equipo para obtener las mediciones pertinentes por vehículo y ruta recorrida.

3.1 Modelo de transporte

Para este tipo de organizaciones la cantidad de decisiones que se deben tomar por parte del personal logístico es amplia, por tal motivo es necesaria la aplicación de la programación matemática. Sin embargo, el "método del Transporte" se ha mantenido vigente en la literatura de la Investigación de Operaciones desde 1940 (Hitchcock F.L.), no solo para referirse a un problema de transporte, la

adecuada selección de proveedores de material que abastecen a una gran variedad de centros de distribución, sino mas bien para lograr una metodología coherente con las necesidades de distribución, eficiente y eficaz (Taha Hamdy, 2004).

En el típico problema de transporte cada centro de consumo es representado por una demanda y cada proveedor por una capacidad de abastecimiento de producto. El objetivo principal es minimizar los costos de satisfacer la demanda de los centros de consumo sin exceder las capacidades de los proveedores (Ballou Ronald, 1999). Es verdad que el modelo de transporte se resuelve por medio de la programación lineal, pero existen algoritmos específicos para este problema que son más eficientes y más sencillos de plantear que el método simplex tradicional. El modelo de transporte arranca encontrando una solución inicial para efectuar mejoras sucesivas iterando cada paso hasta llegar al valor óptimo, algunas ventajas son (Lozano Cuevas, 1993):

- El tiempo de procesamiento es menor.
- Utiliza menos memoria en el equipo de cómputo.
- Simplifica los cálculos.

Abajo se muestra el modelo de transporte, con el objetivo de distribuir la carga desde el origen, por lo tanto se adapta con los equipos de transporte y los destinos, minimizando el costo total del flete, el modelo es el siguiente.

1) función – objetivo

$$\text{Min } \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij}$$

s.a.

2) Demanda

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} = b_j, j=1..n$$

3) Oferta

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = a_i, i=1..m$$

$$x_{ij} \geq 0, x_{ij} \in Z$$

x_{ij} : cantidad a enviar con la unidad i al destino j

c_{ij} : costo de enviar la unidad i al destino j

a_i : capacidad de arrastre de la unidad i

b_j : demanda del destino j

*La oferta y la demanda se supone igual.

Para fines de la investigación se adaptó el modelo de transporte de tal manera que los vehículos fuesen los centros de distribución, se colocaron su capacidad de carga de los tanques que llevan los equipos de transporte. Ya que en la operación no hay más que un centro embarcador y no podemos considerar de manera simple esta metodología, así que para distribuir el producto se emplea a cada vehículo como centro de envío y a cada cliente de la red se le asocia un costo de enviar el producto a su planta. Se consideran los costos de operación y las cantidades que el cliente demanda para satisfacer su necesidad, la demanda es igual a la disponibilidad y a la cantidad de producto en el depósito tabla 1, por ejemplo: se considera $X_{1,2}$, siendo X la cantidad a enviar con el camión 1 al cliente 2.

Costo unitario de la matriz	S/J	coahuila	equis	QRO	SFE	DOL	SMA	GAL	XUC	Capacidad
199	\$3920	\$5115	\$5438	\$5395	\$5724	\$5801	\$4245	\$1282	\$3372	45
240	\$3775	\$4828	\$5197	\$5097	\$5419	\$5561	\$4038	\$1274	\$3233	45
230	\$3887	\$5065	\$5386	\$5310	\$5646	\$5784	\$4207	\$1281	\$3363	20
145	\$3814	\$4971	\$5304	\$5214	\$5520	\$5700	\$4114	\$1279	\$3287	45
147	\$3330	\$3839	\$4482	\$4445	\$4648	\$4522	\$3538	\$1255	\$2877	45
239	\$3331	\$3847	\$4477	\$4440	\$4642	\$4549	\$3545	\$1255	\$2874	45
287	\$3845	\$4986	\$5320	\$5230	\$5555	\$5716	\$4136	\$1278	\$3328	45
272	\$3833	\$4985	\$5350	\$5259	\$5588	\$5681	\$4123	\$1278	\$3335	45
169	\$3738	\$4842	\$5125	\$5042	\$5339	\$5517	\$4018	\$1273	\$3226	45
132	\$3711	\$4802	\$5112	\$5029	\$5325	\$5489	\$3979	\$1272	\$3211	45
Demanda	45	90	45	80	20	45	45	40	20	

Tabla 1. Costos de operación de cada equipo de transporte a cada cliente.

3.2 Características de la metodología

Para considerar la gestión de recursos para la óptima distribución física del equipo de transporte, es importante conocer las características como lo es la oferta y demanda, en este caso la solicitud del cliente y la oferta por parte de la empresa, la ruta, y lo mas importante, los costos, con esto se alimenta la matriz desarrollada para que nos ayude a la toma de decisiones, pero dejando en claro que no se genera una solución exacta a los

problemas, sin embargo se proporciona información a los operadores logísticos y como entrenamiento y/o capacitación para los encargados del área de logística sin experiencia.

4. DISEÑO DE LA METODOLOGÍA

Al desarrollar el algoritmo se atendió la necesidad de implementar una herramienta que facilite el proceso de capacitación y que se apegue a las necesidades de la empresa, por lo que esta metodología funge como entrenamiento al personal. En primer lugar se tiene que recabar la información necesaria para que al momento de iniciar con la entrada de datos se determine la flotilla con la que se cuenta en ese momento y la capacidad de arrastre (carga del remolque), el listado de los clientes que se tienen que visitar, la cantidad de producto que están demandando y los costos de envío, en esta primer etapa de información se cubre la oferta y demanda solicitada. Es importante determinar los costos directos de operación que impactan la toma de decisiones al asignar el equipo de transporte, se considera el combustible, mano de obra, peajes y los directamente relacionados con la asignación diaria. El método de cálculo se muestra en la figura 2, aplicado a una empresa encargada de distribuir gas licuado de petróleo, como ya se menciono.

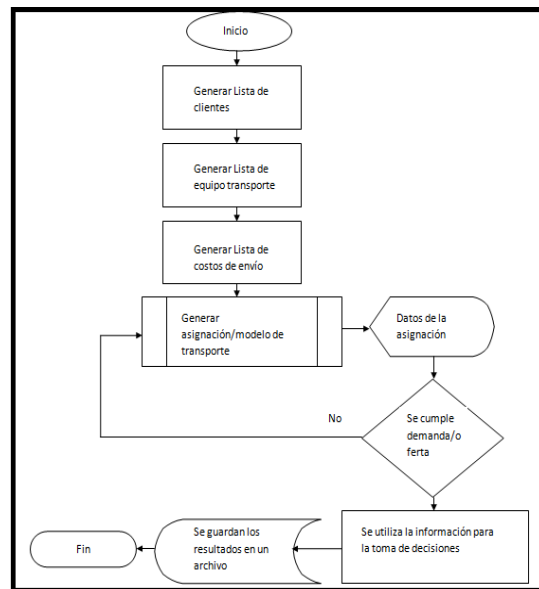


Figura 2. Metodología propuesta, elaboración propia.

Se desarrolló la metodología tal que se generaron la lista de clientes, de los equipos disponibles y de los costos. En donde se encuentra el modelo de transporte y se concentra el proceso clave de este diseño, si se cumple con la demanda y con la oferta se generan los resultados obtenidos para la toma de decisiones, tal como se muestra en la tabla 2 a) y b).

Datos de entrada										
Numero de Tractores	10									
Numero de Clientes	10									
Costo unitario de la matriz	S/H	cazadero	tequís	ORO	SFE	DOL	SMA	GAL	XIC	Capacidad
199	\$3921	\$5115	\$5439	\$5395	\$5724	\$5802	\$4246	\$1283	\$3373	45
240	\$3776	\$4829	\$5197	\$5097	\$5419	\$5561	\$4039	\$1275	\$3234	45
230	\$3888	\$5066	\$5387	\$5310	\$5647	\$5784	\$4208	\$1282	\$3364	20
145	\$3815	\$4972	\$5305	\$5215	\$5520	\$5700	\$4114	\$1279	\$3288	45
147	\$3330	\$3839	\$4483	\$4445	\$4648	\$4522	\$3539	\$1255	\$2878	45
239	\$3332	\$3847	\$4477	\$4440	\$4642	\$4550	\$3546	\$1256	\$2875	45
287	\$3845	\$4987	\$5321	\$5230	\$5555	\$5717	\$4137	\$1279	\$3329	45
272	\$3834	\$4985	\$5351	\$5259	\$5589	\$5682	\$4124	\$1278	\$3336	45
169	\$3739	\$4843	\$5125	\$5042	\$5340	\$5518	\$4019	\$1274	\$3226	45
132	\$3712	\$4803	\$5112	\$5030	\$5326	\$5490	\$3979	\$1273	\$3212	45
Demanda	45	90	45	80	20	45	45	40	20	

Tabla 2a. Lista de clientes, equipo, oferta y demanda.

Costo unitario de la matriz	S/H	cazadero	tequís	ORO	SFE	DOL	SMA	GAL	XIC	Capacidad
199	\$3920									45
240			\$5197							45
230							\$4207			20
145					\$5520					45
147								\$1255		45
239									\$2874	45
287						\$5716				45
272				\$5259						45
169		\$4842								45
132				\$5029				\$1272		45
Demanda	45	90	45	80	20	45	45	40	20	

Tabla 2b. Reporte de resultados de la asignación empleando la metodología propuesta.

4.1 Prueba de hipótesis de los resultados obtenidos

Para dar sustento estadístico a la metodología y observar el beneficio económico de utilizar el método de transporte contra no emplear la metodología, se desarrolló una prueba de hipótesis con medias, en primer lugar se tomaron 20 muestras por mes durante un año

de operaciones, empleando 10 equipos de transporte y 10 destinos. En primer lugar se observa que los datos se comportan siguiendo una distribución normal, como lo muestra la figura 3. Por otro lado, para la prueba se plantea la hipótesis que la diferencia de medias es menor la de sistema (método de transporte) que la asignación real (sin método de transporte), como se muestra en la tabla 3. Se compararon los resultados en cada asignación (figura 4) y se observa con estos valores que no hay elementos suficientes para rechazar la hipótesis, ya que en dicha diferencia se observa que el valor esperado (empleando la metodología) está por debajo del valor observado (sin emplear la metodología).

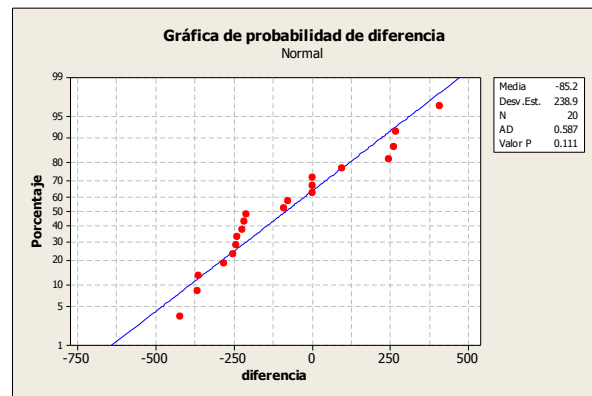


Figura 3. Prueba de Normalidad de los resultados obtenidos, Minitab.

Real(observado)	Sistema(esperado)	Diferencia
3221	2981	240
3175	2924	251
3354	2933	421
2847	3108	-261
3356	2580	776
3204	2838	366
3078	3323	-245
3013	2804	209
2899	2810	89
2949	2949	0
3370	3292	78
2966	3374	-408
3164	3259	-95
3280	3057	223
3104	3370	-266
3245	2882	363
3361	3120	241
3343	3063	280
3238	3020	218
2966	2966	0
promedio		124
Desv std		283.2177886

Tabla 3. Datos para la prueba de hipótesis.

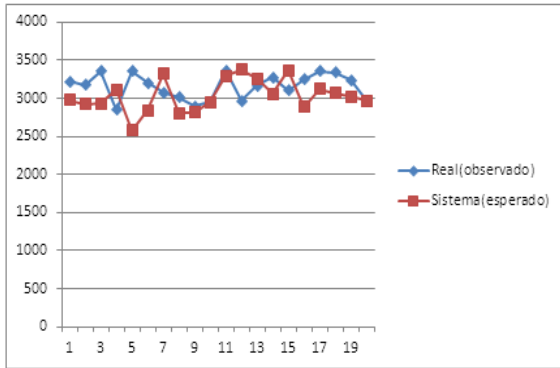


Figura 4. Resultados de la prueba de hipótesis.

Se lleva a cabo la prueba de hipótesis como sigue:

Ho: $\mu D=0$ ($\mu_{\text{observado}}=\mu_{\text{esperado}}$)

Ha: $\mu D>0$ ($\mu_{\text{observado}}>\mu_{\text{esperado}}$)

$$t = \frac{124\sqrt{20}}{283.217789} = 1.95801564$$

(Utilizando Excel) Valor t de tabla = DISTR.T.INV (0.1, 19)= 1.729132792

Valor de tabla del estadístico t = t (.05, 19) = 1.7291

Los valores de las diferencias para obtener el estadístico t, son los siguientes:

Promedio	124
Desv std	283.217789
T calculada	1.95801564

El criterio de rechazo es el siguiente:

t calculada $>$ t tabla Se rechaza Ho
 t calculada $<$ t tabla No se rechaza Ho
 $\frac{t \text{ calc}}{t \text{ tabla}}$
 1.95801561.729132792

Para nuestro caso se observa que t calculada=1.9580156 $>$ t tabla=1.729132 y por lo tanto se rechaza Ho

5. RESULTADOS

Los resultados obtenidos durante un año operativo se observaron al emplear la metodología solo para la toma de decisiones y no una solución exacta a este problema en particular de distribución, esta metodología sirvió como entrenamiento al personal de nuevo ingreso y se puede enfocar con fines

didácticos para que se emplee el uso del método de transporte en la industria. Como observamos en los resultados obtenidos empleando el método de transporte están por debajo en comparación de los costos que no se obtuvieron mediante la metodología y con esto se prueba la hipótesis planteada al inicio (los costos de asignación empleando la metodología son menores que los costos generados sin emplear la metodología), en este sentido se obtuvieron ahorros de un 5% por equipo de transporte del total de los costos. Por otro lado, se logró la capacitación de personal relacionado con la toma de decisiones en la logística en este tipo de industria. Además se promovió un trabajo en equipo para mejorar la asignación y empleo de una metodología que ayude a la gestión de operaciones y reducir los costos derivados de la misma. Como organización se logró desarrollar una herramienta que brinda una secuencia de pasos, incluido el método de transporte y la obtención de datos, la interpretación de los mismos, y sobre todo la aplicación del método para la operación diaria, todo esto se llevo a cabo en una macro sobre la plataforma de Excel, la cual es muy amigable y fácil de entender, además proporciona información para la toma de decisiones.

Se recomiendan investigaciones futuras y hacer más eficiente esta primera etapa del método de transporte, así como para el entrenamiento del personal que quiera conocer el funcionamiento operativo de la empresa.

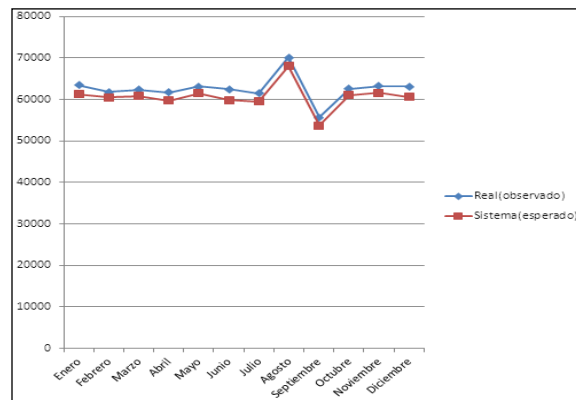


Figura 5. Comparativo de resultados usando la metodología antes de poner en marcha con la asignación basada en la experiencia del administrador logístico.

6. CONCLUSIONES

Al momento de implementar alguna metodología es importante saber cuáles son las opciones en cuanto a software relacionado con la asignación de equipo en la industria del transporte que existe en el mercado y ver si se adaptan a las necesidades de la empresa. Cabe resaltar que la metodología aquí utilizada se emplea para dar resultados aproximados para que el operador logístico tome la decisión en la gestión de operaciones y logre beneficios en la producción de una empresa de transporte. Además de lograr un beneficio económico se obtienen resultados en el campo de la investigación logística, con metodologías que como esta abordan métodos, herramientas y aplicaciones matemáticas que brindan un panorama más completo para la aplicación en el campo real, en el caso particular el método de transporte en una empresa dedicada a la distribución de gas licuado de petróleo. En el caso de no contar con la solvencia económica necesaria para realizar una inversión, apoyar la investigación para que se forme un equipo de trabajo que estudie la necesidad particular de la empresa, determine las opciones y restricciones de la operación, y con esto obtenga beneficios en los resultados. Es importante la capacitación y mantener informados a todo el personal involucrado para realizar estudios posteriores a partir de esta investigación, para continuar con este tipo de implementación que puede ser de gran interés para este segmento de industria del transporte.

7. LITERATURA CITADA

- Arbones M. Eduardo A.(1990). *“Logística Empresarial”*. Marcombo Boixareu Editores, España.
- Ballou, Ronald H., (2004), *“Logística: Administración de la cadena de suministro”*, 5ta edición, Pearson Educación, México.
- Ballou Ronald H.,(1999) *Business “Logistics Management”*, 4ª edición, Prentice-Hall, USA.
- F.L. Hitchcock, (1941) *“The Distribution of a Product from Several Sources to Numerous Localities”*, publicado en el Journal of Mathematics and Physics.
- Lozano Cuevas Angélica, (1993), *“Diseño de rutas de distribución y recolección en regiones de diferentes formas bajo restricciones de capacidad de los vehículos”*, DEFI / UNAM, Tesis Maestría en Inv. De operaciones.
- Moreno Quintero Eric, (2000), *“Problemas de ruteo vehicular en la recolección y distribución óptima de carga”*, publicación No. 144, Instituto Mexicano del Transporte, Qro., México.
- Moreno Quintero Eric, (2000), *“Problemas de ruteo vehicular en la recolección y distribución óptima de carga”*, publicación No. 144, Instituto Mexicano del Transporte, Qro., México.
- Muñoz Elver Bermeo y Calderón Sotero Jaime, (2009). *“Diseño de un modelo de optimización de rutas de transporte”*, *Redalyc, el hombre y la máquina*, vol. XXI, núm. 32, 52-67pp, Universidad Autónoma de Occidente, Colombia.
- Ratliff y Nulty., (1996), *“Logistic Composite Modeling”*, Logistics Institute, Georgia Institute of Technology, EUA.
- Render, B. y Stair, R. (1997), *“Quantitative Analysis for Management”*, Prentice Hall.
- Taha, Hamdy A., (2004), *“Método de Transporte” en Investigación de operaciones*, Pearson educación, México, p. 165-208.
- Yepes Piqueras Víctor, (2000), *“Optimización heurística económica aplicada a las redes de transporte del tipo VRPTW”*, Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Universidad Politécnica de Valencia, 15-50pp, 60-78pp. Tesis Doctoral.

CONSTRUCCIÓN DE UN ROBOT MÓVIL AUTÓNOMO

L.C. García-Mundo, J.A. Vargas-Enríquez, M.G. Salazar-De León, S.I. Martínez-Guerra & J.E. Medina-Ramírez

Instituto Tecnológico de Cd. Victoria, Laboratorio de Sistemas, Departamento de Sistemas y Computación. Boulevard Emilio Portes Gil 1301 Poniente, Cd. Victoria, Tam., C.P. 87010
lilia_garcia@itvictoria.edu.mx, jvargd@gmail.com, gabrielas589@gmail.com,
sylvia.mtz.querra@gmail.com, j_edgar20@hotmail.com

RESUMEN: En este artículo se presenta el proceso de diseño y construcción de un robot seguidor de línea, así como el diseño y programación de un algoritmo de control para hacer que el robot siga una línea blanca dibujada en una superficie de color negro. Adicionalmente se muestran el mecanismo y el circuito que controlan la velocidad y la dirección del robot. El mecanismo de locomoción está formado por dos motorreductores, los cuales impulsan las dos ruedas traseras del robot. La percepción de este robot es de tipo visual pero limitada a distinguir un color blanco sobre un fondo negro. Se dispuso de cuatro sensores ubicados en una placa los cuales se colocan sobre la línea blanca. Se utilizó la técnica de modulación por ancho de pulso (PWM) para controlar la velocidad de los motores. Fueron realizadas pruebas para determinar la ubicación de los sensores logrando que el movimiento del robot fuera adecuado y el circuito de control realizara la corrección de trayectoria necesaria.

PALABRAS CLAVE: Robot móvil, sigue línea, PWM.

ABSTRACT: This paper presents the process of designing and construction of a line follower robot, and the design and programming of a control algorithm to make the robot to follow a white line drawn on a black surface. In addition the mechanism and the circuit that control the speed and direction of the robot are shown. The locomotion mechanism is made up of two gear motors which drive the two rear wheels of the robot. The robot's perception is of the visual type but is limited to distinguish a white line on a black background. The robot has four sensors located on a plate; these sensors are placed over the white line. We used the technique of pulse width modulation (PWM) to control the motor speed. Tests were conducted to determine the location of the sensors making the appropriate robot movement, allowing the control circuit to perform the necessary trajectory correction.

KEY WORDS: Mobile robot, line follower, PWM.

1. INTRODUCCIÓN

En antiguas civilizaciones, como la griega, se hablaba de seres mecánicos con vida que eran movidos por mecanismos construidos con poleas y bombas hidráulicas. Aunque con el paso del tiempo fueron desarrolladas un gran número de figuras dotadas de partes móviles, no se tenía un concepto general de cómo definir las, en 1920 el escritor checo Capek, en su obra dramática Rossum's Universal Robots (R.U.R.) (Capek K., 2001), acuñó el término robot, a partir de la palabra checa robota, que significa servidumbre o trabajo forzado. Por su parte, Asimov, introdujo, por primera vez, el término robótica, en la historia Runaround de su obra I, Robot (Asimov, 1961).

Un robot móvil es un robot montado en una plataforma móvil que lo transporta al área donde lleva a cabo sus tareas, es un tipo de robot con su propio motor o la energía capaz de moverse sin restricciones en su camino. Otra característica común es que por su apariencia o sus movimientos, un robot a menudo transmite la sensación de que tiene intención o iniciativa propia.

Los robots móviles van desde el teleoperado Sojourner en la misión Mars Pathfinder hasta robots de limpieza en el Metro de París. Una visión general de la tecnología de la movilidad debe considerar los mecanismos que permiten que un robot móvil pueda mover a través de un ambiente del mundo real para realizar sus tareas, incluyendo la locomoción, la detección, localización y planificación de movimientos.

En los últimos años, los robots móviles se han vuelto suficientemente autónomos, de tal manera que tenemos que pensar en sus aplicaciones (Silva R., 2007). Durante los últimos años, muchas aplicaciones de robots móviles se han desarrollado y propuesto. La mayoría de ellos se hicieron y sirvieron principalmente con fines industriales. Sólo unas pocas aplicaciones de robots móviles fueron diseñadas y hechas con el fin de apoyar a los seres humanos significativamente o que cooperaran con ellos a fin de lograr una tarea específica en su vida diaria. Con el fin de difundir el uso de robots móviles en la vida diaria de los humanos, hay una necesidad en curso de investigación no sólo en la autonomía sino también en la navegación de robots móviles (Akihisa, 2002).

El diseño exitoso de un robot móvil implica la integración de diferentes disciplinas, entre ellas la cinemática, el análisis de señales, teoría de la información, la inteligencia artificial, y teoría de la probabilidad (Balcells y Romeral, 2000). En este proyecto se abordan algunas de las facetas de la robótica móvil, tales como el diseño de hardware, diseño y uso de la rueda, los sensores y la percepción y las arquitecturas de control de robot.

2. ANTECEDENTES

Grey Walter construyó sus primeros robots, a los que solía llamar "Machina Speculatrix" entre 1948 y 1949 y los nombró Elmer y Elsie, y a menudo se describían como las tortugas debido a su forma y al ritmo lento de su movimiento. Los robots tortuga de tres ruedas eran capaces de fototaxis, por el cual podían encontrar su camino a una estación de recarga cuando se agotaba la energía de la batería.

Con la venida de nuevas tecnologías de planificación y razonamiento automático, de 1966 a 1972 se desarrolló en el SRI el primer robot móvil llamado Shakey (Nilsson N. J., 1984), que era una plataforma móvil independiente. Shakey fue el primer robot móvil con la capacidad de "razonamiento" sobre su entorno. Shakey tenía una cámara de televisión, un telémetro de triangulación, y sensores de golpe, y fue conectado a computadoras DEC PDP-10 y PDP-15 a través de enlaces de radio y video. Utilizaba programas para la percepción, modelado del

mundo real, y de actuación. Las rutinas de acción de bajo nivel se hacían cargo de movimientos simples, giros, y planificación de rutas. Las acciones a nivel intermedio encadenan los bajos niveles de formas que con firmeza llevan a cabo tareas más complejas. Los programas de más alto nivel podían hacer y ejecutar planes para alcanzar los objetivos propuestos por el usuario.

A principios de la década del setenta, se desarrolló el Lunar rover (Thompson A. M., 1977), en el Jet Propulsion Laboratory (JPL), diseñado particularmente para la exploración planetaria. A finales de esa década, Moravec desarrolló el robot Stanford cart (Moravec H., 1979), capaz de seguir una trayectoria delimitada por una línea establecida en una superficie, en el SAIL. Se hicieron los primeros experimentos con mapeo de entorno 3D. El carrito de Stanford cruza una sala llena de sillas sin ayuda humana. El carro tiene una cámara de televisión montada en un tren que toma imágenes desde múltiples ángulos y transmite a una computadora. El equipo analiza la distancia entre el carro y los obstáculos.

En 1988, el laboratorio de Rodney Brooks en el MIT creó un caminante de seis patas, el cual aprendía a trepar por bordos y otros obstáculos. El secreto: Permitir que cada pierna reaccionar con el medio ambiente de forma independiente y no será necesario programar todos los pasos complejos.

En 1995 y después de cuatro años de competencia, ocurrió la primera realización autónoma de una tarea de recuperación de objetos en el Concurso Internacional de Robótica aérea, y fue realizado por el equipo de Stanford que fue el primero en utilizar un GPS (diferencial) (Moravec H., 1979).

En 2007 una SUV de auto-conducción llamado Boss hizo historia al conducir de manera rápida y segura, mientras que compartía el camino con conductores humanos y otros robots. La hazaña le ganó a la Carnegie Mellon University el primer lugar en el desafío DARPA Urban.

Los robots aquí mencionados, son únicamente una porción de los tantos que se han diseñado, sin embargo, es posible notar que las aplicaciones de estos son vastas y que las

mismas son ilimitadas debido al desarrollo cada vez más vertiginoso de la tecnología.

Los robots móviles brindan la posibilidad de navegar en distintos terrenos y tienen aplicaciones como: exploración minera, exploración planetaria, misiones de búsqueda y rescate de personas, limpieza de desechos peligrosos, automatización de procesos, vigilancia, reconocimiento de terreno, y también son utilizados como plataformas móviles que incorporan un brazo manipulador.

3. MARCO TEÓRICO

3.1 Robot móvil

La robótica es una de las aplicaciones más apasionantes de la electrónica. Un robot seguidor de línea se clasifica en el campo de la robótica móvil, un grupo de la rama de robótica.

La tarea fundamental de un robot móvil es el desplazamiento en un entorno conocido o desconocido, por tanto es necesario que posea tres funciones fundamentales, la locomoción (nivel físico), la percepción (nivel sensorial) y la decisión (nivel de control).

Un robot es un agente artificial, virtual o mecánico. En la práctica, por lo general es una máquina electro-mecánica que es guiada por computadora o programación electrónica, por lo que es capaz de hacer las tareas por sí mismo.

3.2 Sistema de control

Los sistemas de control según la Teoría Cibernética se aplican en esencia para los organismos vivos, las máquinas y las organizaciones. Estos sistemas fueron relacionados por primera vez en 1948 por Norbert Wiener en su obra *Cibernética y Sociedad* con aplicación en la teoría de los mecanismos de control. Un sistema de control está definido como un conjunto de componentes que pueden regular su propia conducta o la de otro sistema con el fin de lograr un funcionamiento predeterminado, de modo que se reduzcan las probabilidades de fallos y se obtengan los resultados buscados.

Si se comparan o no, la entrada y la salida de un sistema, para controlar esta última, el sistema se denomina:

- Sistema en lazo abierto, cuando la salida para ser controlada, no se compara con el valor de la señal de entrada o señal de referencia.
- Sistema en lazo cerrado, cuando la salida para ser controlada, se compara con la señal de referencia. La señal de salida que es llevada junto a la señal de entrada, para ser comparada, se denomina señal de feedback o de retroalimentación.

3.3 Modulación por ancho de pulso (PWM)

La modulación por ancho de pulso (PWM), o modulación de duración (PDM), es una técnica muy utilizada para controlar la potencia de aparatos eléctricos inerciales, hecho práctico por los modernos interruptores electrónicos de potencia.

El valor medio del voltaje (y corriente) alimentada a la carga se controla girando el interruptor entre la fuente y la carga entre encendido y apagado a un ritmo acelerado. Cuanto más tiempo está el interruptor encendido en comparación con los períodos de apagado, mayor es la potencia suministrada a la carga.

La frecuencia de conmutación PWM tiene que ser mucho más rápida que la que afectaría a la carga, es decir, el dispositivo que utiliza la potencia. Normalmente la conmutación tiene que hacerse varias veces por minuto en una estufa eléctrica, 120 Hz en un regulador de intensidad de una lámpara, de unos cuantos kilohertz (KHz) a decenas de kHz para una unidad de motor y en las decenas o cientos de kHz en los amplificadores de audio y fuentes de alimentación de computadoras.

El término ciclo de trabajo de una señal periódica PWM describe la proporción de tiempo en el que la señal está en su nivel alto (encendido) con respecto al periodo, expresado matemáticamente:

$$D = \frac{t_h}{T}$$

Donde:

D es el ciclo de trabajo,
 t_h es el ancho del pulso y
 T es el periodo

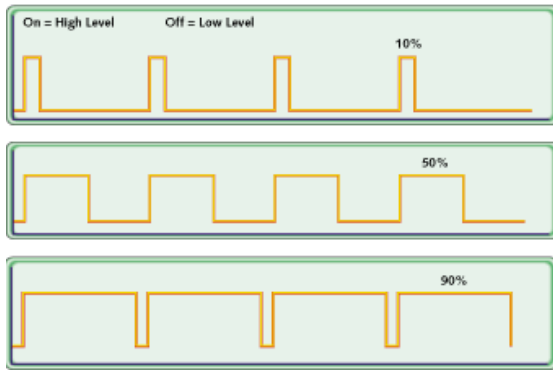


Figura 1. Salidas PWM distintas.

La Figura 1, muestra 3 salidas PWM que codifican tres diferentes valores de señales análogas, a 10%, 50% y 90% de la fuerza total.

La modulación por ancho de pulsos es una técnica utilizada para regular la velocidad de giro de los motores eléctricos de inducción o asíncronos. Mantiene el par motor constante y no supone un desaprovechamiento de la energía eléctrica. Se utiliza tanto en corriente continua como en alterna, como su nombre lo indica, al controlar: un momento alto (encendido o alimentado) y un momento bajo (apagado o desconectado), controlado normalmente por relevadores (baja frecuencia) o MOSFET o tiristores (alta frecuencia).

La modulación por ancho de pulsos también se usa para controlar servomotores, los cuales modifican su posición de acuerdo al ancho del pulso enviado cada cierto período que depende de cada servo motor. Esta información puede ser enviada utilizando un microprocesador o un microcontrolador (por ejemplo, un PIC 16F877A de la empresa Microchip).

3.4 Microcontroladores

Recibe el nombre de controlador el dispositivo que se emplea para el gobierno de uno o varios procesos. Por ejemplo, el controlador que regula el funcionamiento de un horno dispone de un sensor que mide constantemente su temperatura interna y, cuando traspasa los límites prefijados, genera las señales adecuadas que accionan los efectores que intentan llevar el valor de la temperatura dentro del rango estipulado.

Aunque el concepto de controlador ha permanecido invariable a través del tiempo, su

implementación física ha variado frecuentemente. Hace tres décadas, los controladores se construían exclusivamente con componentes de lógica discreta, posteriormente se emplearon los microprocesadores, que se rodeaban con chips de memoria y E/S sobre una tarjeta de circuito impreso. En la actualidad, todos los elementos del controlador se han podido incluir en un chip, el cual recibe el nombre de microcontrolador. Realmente consiste en un sencillo pero completo computador contenido en el corazón (chip) de un circuito integrado. Un microcontrolador es un circuito integrado de alta escala de integración que incorpora la mayor parte de los elementos que configuran un controlador.

Un microcontrolador dispone normalmente de los siguientes componentes:

- Procesador o UCP (Unidad Central de Proceso).
- Memoria RAM para Contener los datos.
- Memoria para el programa tipo ROM/PROM/EPROM/FLASH.
- Líneas de E/S para comunicarse con el exterior.
- Diversos módulos para el control de periféricos (temporizadores, Puertas Serie y Paralelo, CAD: Convertidores Analógico/Digital, CDA: Convertidores Digital/Analógico, etc.).
- Generador de impulsos de reloj que sincronizan el funcionamiento de todo el sistema.

3.5 Sensores

Un sensor es un dispositivo que detecta una determinada acción externa, temperatura, presión, etc., y la trasmite adecuadamente. Un transductor por su parte es dispositivo que transforma el efecto de una causa física, como la presión, la temperatura, la dilatación, la humedad, etc., en otro tipo de señal, normalmente eléctrica (Montaigne F., 2000).

Según el tipo de señal de salida los sensores se clasifican en:

- Analógicos. Dan como salida un valor de tensión o corriente variables en forma continua dentro del campo de medida.

- Digitales. Dan como salida una señal en forma de una palabra digital.
- Todo-nada. Indican cuándo la variable detectada rebasa un cierto umbral.

Según la magnitud física a detectar los sensores se clasifican en:

- Sensores de posición, de velocidad, de fuerza y par, de presión, de caudal, de proximidad, fotoeléctricos, etc.

3.6 Actuadores

Genéricamente se conoce con el nombre de actuadores a los elementos finales que permiten modificar las variables a controlar en una instalación automatizada. Se trata de elementos que ejercen de interfaces de potencia, convirtiendo magnitudes físicas, normalmente de carácter eléctrico en otro tipo de magnitud que permite actuar sobre el medio o proceso a controlar (Montaigne F., 2000). Al mismo tiempo aíslan la parte de control del sistema de las cargas que gobiernan el proceso. Entre los accionamientos más habituales se encuentran los destinados a producir movimiento (motores y cilindros), los destinados al trasiego de fluidos (bombas) y los de tipo térmico (hornos, intercambiadores, etc.) (Baselt D. R., 1988).

4. TRABAJO REALIZADO

Al inicio de este trabajo se establecieron los siguientes objetivos:

Objetivo General:

Construir y programar un mini robot móvil.

Objetivos Específicos:

1. Controlar la velocidad y la dirección de dos motores de CD por medio de un microcontrolador pic.
2. Programar un algoritmo de cálculo de trayectorias basándose en sensores.

Para alcanzar los objetivos planteados se estableció la siguiente metodología:

1. Diseño y ensamble del sistema electrónico de control de velocidad de los motores de corriente directa (CD) que mueven el robot.

2. Programación de la aplicación para que el microcontrolador genere las señales necesarias para el circuito de control de velocidad de los motores de CD.
3. Selección, configuración y caracterización de los sensores que serán utilizados para determinar la trayectoria del robot.
4. Diseño y construcción del chasis donde se montan el circuito electrónico y los motores del robot.
5. Diseño del circuito impreso para montar los componentes electrónicos y fuente de poder del robot.
6. Ensamble del robot con todos los componentes electrónicos y mecánicos.
7. Programación en lenguaje ensamblador el algoritmo de cálculo de trayectoria del robot.
8. Realización de las pruebas de integración del robot, tanto funcionales como de desempeño.

5. RESULTADOS OBTENIDOS

Se diseñó y construyó un robot seguidor de línea y se diseñó y programó un algoritmo de control para hacer que el robot siga una línea blanca dibujada en una superficie de color negro.

Se diseñaron el mecanismo y el circuito que controla la velocidad y dirección del robot. El mecanismo de locomoción está formado por dos motoredutores, los cuales impulsan las dos ruedas traseras del robot. Se optó por utilizar la técnica de modulación por ancho de pulso para controlar la velocidad de los motores.

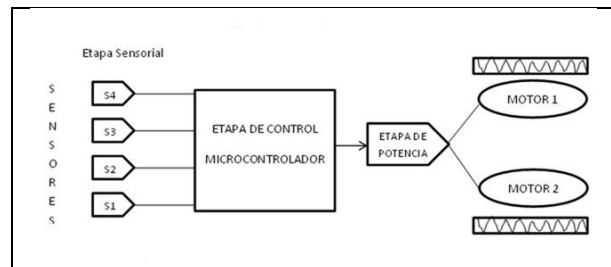


Figura 2. Arquitectura del robot

El control de dirección de giro del robot se logró imprimiendo diferentes velocidades a los motores que impulsan las ruedas traseras y utilizando al frente una rueda "loca".

5.1 Diferentes componentes del robot:

Como se muestra en la Fig. 2, la arquitectura del robot está formada por 4 componentes o etapas: la etapa sensorial, la etapa de control, la etapa de potencia y la etapa de locomoción. Estos componentes están montados sobre un chasis.

Descripción de las etapas o componentes:

Etapa sensorial

La percepción de este robot es de tipo visual, pero limitada a distinguir un color blanco sobre un fondo negro.

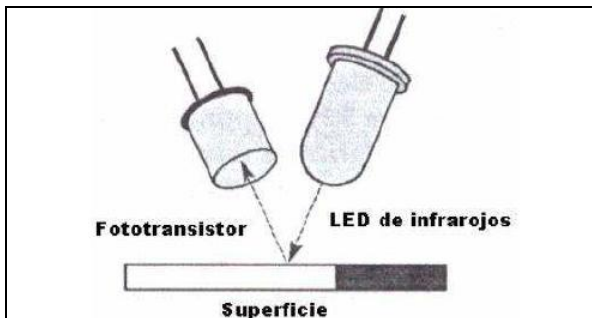


Figura 3. Sensor óptico

Para este caso, la línea de color blanco sobre una superficie negra. Aprovechando la propiedad física de la reflexión, el diodo emite una luz infrarroja dirigida hacia el suelo, y el fototransistor recibe los fotones generados por la reflexión que se produce sobre el suelo, como se muestra en la Figura 3.

En nuestro caso, se dispuso de cuatro sensores ubicados en una placa los cuales se colocan sobre la línea blanca. Los sensores que se utilizaron fueron CNY70.

Cuando el diodo LED infrarrojo emite un haz de luz, en el fototransistor se obtiene una señal de nivel alto o bajo dependiente de la superficie en la que refleje, si el sensor se encuentra en la superficie negra el voltaje sube, cuando está sobre la superficie blanca el voltaje baja.

Etapa de control

El circuito de control es el que proporciona las señales hacia los actuadores dependiendo de las señales obtenidas en los sensores. Está conformado por un microcontrolador PIC16F877A con un algoritmo de control programado en lenguaje ensamblador. Se generan básicamente dos tipos de señales, señales PWM generadas por los módulos CCP1 y CCP2 del microcontrolador, estas señales se utilizan para controlar la velocidad de los motores, las otras señales son para controlar la dirección de giro y arranque y paro de ambos motores.

El control de velocidad del motor de CD se logra utilizando la técnica PWM, manteniendo la frecuencia constante a 244 Hz, pero variando el ciclo de trabajo de la señal a ciertos valores preestablecidos, a mayor ciclo de trabajo mayor velocidad y a menor ciclo de trabajo menor velocidad. La configuración del módulo PWM involucra varios pasos, primeramente se tiene que fijar la frecuencia a la cual va a operar la señal PWM, en este se utilizó la frecuencia más baja posible porque el motor de CD solo puede operar a bajas frecuencias, esto se logra configurando el registro PR2 con su valor más alto. El registro es de 8 bits por lo que el valor más grande posible es 255. Se seleccionó la tasa más grande del prescaler del Timer2, es decir 1:16. Es importante hacer notar que no se calcula directamente la frecuencia, sino el periodo de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$PWM_{period} = [(PR2) + 1] \cdot 4 \cdot T_{osc} \cdot TMR2_{prescale\ value}$$

Efectuando los cálculos

$$PWM_{period} = 4096 \cdot 10^{-6} s$$

La frecuencia de la señal PWM por lo tanto está dada por:

$$PWM_{frequency} = \frac{1}{PWM_{period}}$$

$$PWM_{frequency} = 244.14 Hz$$

El ciclo de trabajo es el tiempo en el que la señal permanece arriba, y se puede calcular con la siguiente fórmula.

$$PWM_{duty\ cycle} = (CCPR1L:CCP1CON < 5:4 >) \cdot T_{osc} \cdot TMR2_{prescale\ value}$$

Como se observa en la fórmula, el ciclo de trabajo se puede calcular con una resolución de hasta 10 bits, el pic no tiene registros de 10 bits, es por esta razón que este valor se encuentra dividido en dos partes. Esta separación introduce un problema al momento de manejar valores, por esta razón con el fin de simplificar la inicialización del ciclo de trabajo, los bits menos significativos siempre serán 0's por lo que los valores que podremos manejar para el ciclo de trabajo serán múltiplos de 4.

Etapa de potencia

Este circuito se encarga de normalizar los niveles entregados por el circuito sensor. La etapa de potencia se encarga de proporcionar la corriente necesaria al motor. La etapa de potencia propuesta, es una sencilla forma de activar un motor, está formada por un circuito driver L293d el cual contiene 2 puentes H uno para cada motor, este circuito permite el cambio de dirección del motor, frenado y manejo de mayores corrientes. El control de velocidad y la dirección del motor, será tarea del circuito integrado L293D, este CI es un controlador, que contiene los circuitos electrónicos necesarios para brindar la corriente necesaria así como para controlar el sentido de flujo de la misma y por lo tanto la orientación del giro del motor. Todo esto controlado en un principio por voltajes lógicos obtenidos desde el microcontrolador.

Mediante instrucciones, el programa enviará datos al PIC, y éste a su vez las transmitirá al L293D (driver H), y por último dicho circuito conducirá la corriente según haya sido la instrucción lógica, y el motor se moverá en uno de sus dos sentidos.

El control de velocidad se logra aplicando las señales PWM provenientes del microcontrolador a los pines de habilitación de los drivers del L293D, como se muestra en la Fig. 4.

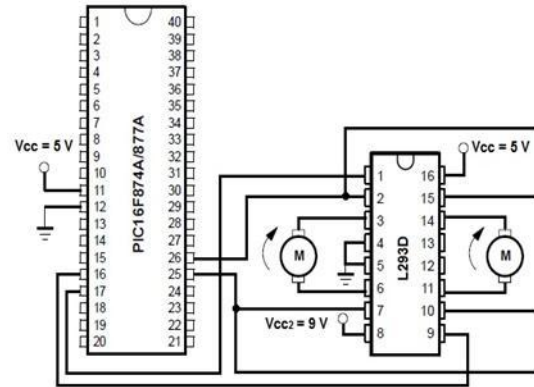


Figura 4. Etapas de control y potencia

Etapa de locomoción

Está formada por dos motorreductores de CD de 9 V, con una relación de 100:1, que permite velocidades de hasta 320 RPM. Los motores están colocados en la parte posterior del robot y tienen unido al eje una rueda de goma de 42 mm de diámetro. Cada motor puede girar a una velocidad diferente.

Algoritmo

El robot seguirá la línea haciendo una serie de zig-zags, estos cambios de dirección se realizan aumentando o disminuyendo la velocidad del motor izquierdo o derecho según sea el caso, tomando la decisión basándose en las lecturas obtenidas de los sensores infrarrojos.

El algoritmo se modela como una máquina de 6 estados, en la Tabla 1 se relacionan algunas de las señales de los sensores con las señales de control sobre los motores.

Estado	S1	S2	S3	S4
A	0	0	0	0
B	0	0	0	1
C	0	0	1	1
D	0	1	1	0

Tabla 1. Tabla de algunos de los posibles estados de los sensores.

Donde, $S_i = 0$, indica que el sensor no está sobre la línea. Y $S_i=1$, indica que el sensor se encuentra sobre la línea.

El estado B por ejemplo significa que el robot se encuentra muy desviado a la izquierda de la línea blanca, el estado C significa que el robot se encuentra ligeramente desviado a la izquierda de la línea blanca. El estado D significa que el robot se encuentra exactamente sobre la línea blanca.

Estructura física

La estructura del robot seguidor de línea fue elaborada con una lámina de material plástico llamado, Sintra. Esta proporciona apoyo para los motorreductores, ruedas traseras, el circuito impreso, los sensores y la rueda "loca".



Fig. 5 Prototipo de robot seguidor de línea

La Figura 5 muestra una vista lateral del prototipo del robot construido. Las llantas del robot se colocaron en configuración diferencial, debido a que la dirección que tome depende de la diferencia de velocidad entre sus dos llantas, es por eso que cada llanta es independiente de la otra. La rueda libre es la que aporta el apoyo en la parte anterior, esta debe exhibir la característica de rodar y pivotar sobre sí misma con un movimiento lo más suave posible para no dificultar la rotación del robot.

Pruebas

Se realizaron pruebas sobre la ubicación de los sensores para que el robot se desplazara adecuadamente, porque puede suceder que aun cuando los sensores reconozcan la línea blanca y el circuito de control realice la

corrección de trayectoria, el robot se salga de curso por la velocidad y masa del mismo. El objetivo de las pruebas hasta ahora solo fue demostrar la funcionalidad del robot, es decir si era capaz de seguir una línea blanca sobre un fondo negro, no se pretendió medir que tan rápido hacia el recorrido sin perder la línea. Durante el desarrollo de las pruebas el robot fue capaz de seguir en un 80 % de las veces la trayectoria marcada.

6. CONCLUSIONES

Es posible utilizar la modulación por ancho de pulsos para controlar un motor de corriente directa, usando a la vez un microcontrolador, un driver o puente H, en este caso se hizo mención de el L293D, una fuente de energía que bien podría ser una batería simple de 9 volts y un motor de corriente directa. Se puede concluir que la propuesta es viable y se puede utilizar la técnica PWM para controlar un motor de corriente directa.

El desarrollo de este proyecto aporta experiencia en el desarrollo de software incrustado. Este tipo de trabajos de investigación beneficia a los estudiantes, ya que aunque si bien la programación de microcontroladores forma parte del plan de estudios, este tema no se ve a profundidad porque no se abunda en las aplicaciones prácticas como la robótica, debido principalmente a dos factores: falta de tiempo y sobre todo por falta de equipo de experimentación.

Este tipo de proyectos tiene un impacto muy favorable en la formación de los alumnos de la carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales porque por un lado se desarrollan aplicaciones que de otra manera no se verían en el desarrollo de su formación profesional y por otro lado, al ver un prototipo funcionando despertamos el interés en este tipo de aplicaciones que son temas de actualidad.

7. LITERATURA CITADA

Akihisa O. 2002. Human Robot Interaction in Mobile Robot Applications, Robot and Human Interactive Communication. PRESTO, JST/Univ. of Tsukuba, Japan. Pages 5-10.

- Asimov I. 1961. *I Robot*. Doubleday. 148pp.
- Balcells J. y J. L. Romeral. 2000. *Autómatas programables*. Editorial Marcombo. 450pp.
- Baselt D.R. 1988. *Biosensors and Bioelectronics* 13. 731pp.
- Capek K. 2010. *R.U.R. (Rossum's Universal Robots)*, New York. Dover Publications Inc. 116pp.
- Montaigne F.. 2000. *Sensors and Actuators* 81, 324pp.
- Moravec H. 1979. Visual mapping by a robot rover. Proc. 6th IJCAI. Tokyo.
- Nilsson N. J. 1984. Shakey the robot. SRI International. Technical Note 323. April
- Silva R. 2007. Una panorámica de los robots móviles. *Télématique*.
- Thompson A. M.. 1977. The navigation system of the JPL robot. Proceedings 5th IJCAI, Cambridge Massachusetts.

AMPLIACIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN DE *Acrocinus longimanus* (COLEÓPTERA: CERAMBYCIDAE) EN LA HUASTECA HIDALGUENSE

E. A. Gálvez-Ruiz, L. A. Hernández-Cortés & O. J. González-Gaona

Instituto Tecnológico de Ciudad Victoria. Blvd. Emilio Portes Gil No.1301, C. P. 87010.
Ciudad Victoria, Tamaulipas, México. ericogr23@hotmail.com

RESUMEN: El Escarabajo Arlequín, *Acrocinus longimanus* Linnaeus (1758), es un escarabajo tropical de gran tamaño, nativo de la región de América, especialmente desde el Sur de México hasta Brasil en América del Sur. No se cuenta con información acerca de la presencia de esta especie en la región de la Huasteca Hidalguense, a una altitud de 200 msnm. El reporte más cercano lo ubica en la región de la Sierra de Hidalgo entre 1000 a 1550 msnm.

Palabras clave: escarabajo arlequín, distribución, Jaltocan, Hidalgo.

ABSTRACT: The harlequin beetle, *Acrocinus longimanus* Linnaeus (1758), is a large tropical long horned beetle native to the America, especially from southern México to Brazil in South America. No information is available on the presence of this species in the Huasteca region of Hidalgo, at an altitude of 200 m. The closest report on this taxa corresponds to Hidalgo mountain range at an altitude ranging from 1022 to 1550 m.

Key words: harlequin beetle, distribution, Jaltocan, Hidalgo.

En el Orden Coleoptera, Suborden Polyphaga, una de las familias con alto número de especies, 25,000 repartidas en 14 subfamilias, es la familia Cerambycidae; cuyos miembros son todos fitófagos. La mayoría son elongados y cilíndricos, provistos de largas antenas llamativas; los ojos usualmente con marcas o a veces completamente divididos, muchos con colores brillantes. Poseen tarsos de cinco segmentos, aunque aparentan cuatro, el tercero es bilobado, mientras que el cuarto es pequeño y está oculto. Son conocidos como cerambícidos o escarabajos longicornios (Vives, 2000; Lawrence & Newton, 1995; Triplehorn & Johnson, 2005).

En esta familia destaca el género *Acrocinus* Linnaeus (1758), el cual incluye al “escarabajo arlequín” mismo que es muy codiciado por los coleccionistas y comerciantes de insectos, por su tamaño, y por el patrón de formas y colorido de éstas sobre la parte dorsal de sus élitros (Rodríguez & Rojas, 1999).

Acrocinus longimanus L. es una especie que presenta una amplia distribución geográfica, se le encuentra en las zonas boscosas neotropicales de América, se reporta desde México y Centro América hasta el sur de Brasil y norte de Argentina (Durán, 2004). *A. longimanus*, es conocido como “escarabajo

aserrador” (Henderson & Jansen, 2010), “arlequín de Cayena”, “longicornio arlequín” o “arlequín da mata”, a causa de su abigarrada combinación de dibujos y manchas rojas, parduzcas o negras sobre el dorso del cuerpo que le han valido este nombre (Fig. 1) (Bolívar, 1947; Scortecci, 1968; Stanek, 1972; Douglas y Salazar, 2005).



Figura 1. Ejemplar de *Acrocinus longimanus*, en el sitio de colecta en la región de la Huasteca Hidalguense.

El nombre científico de esta singular especie hace alusión a la exagerada longitud del primer par de patas en los machos (Fig. 2), fenómeno que le confiere un extraordinario dimorfismo sexual con respecto a las hembras, que son usualmente más pequeño (Zeh, *et al.*, 1992; Douglas y Salazar, 2005). El tamaño de los adultos de *A. longimanus* resulta muy variable, existen machos de poco más de tres centímetros, mientras que otros superan los siete centímetros de longitud, con un primer par de patas que abarcan casi los veinte centímetros. Esta especie es común para Centro y Sudamérica. Para México hasta donde se conoce, sólo se ha reportado en la Sierra de Hidalgo entre 1000 a 1550 msnm (Durán, 2004). Lo novedoso es que no se había encontrado en áreas bajas, a una altitud de 200 msnm ca. Lo interesante sería conocer sus hospederos y su comportamiento bajo estas condiciones.

Un fenómeno muy curioso es que este gran cerambícido alberga bajo sus élitros a por lo menos tres especies de pseudoescorpiones, que se benefician del escarabajo en la dispersión de sus poblaciones y hábitos reproductivos (Zeh y Zeh, 1992; Aguiar y Buhnrheim, 1998 citados por Douglas y Salazar, 2005).



Figura 2. Muestra el tamaño del espécimen macho de *Acrocinus longimanus*.

El patrón elaborado de marcas en color blanco, rojo y amarillo verdoso en la cubierta de las alas, se presenta en ambos sexos (Evans & Bellamy, 2000). Sus colores presentan variaciones locales dependiendo de la región en que se encuentre, ya que sobre todo

atañen al colorido general del insecto. Los ejemplares de tonos rojos más llamativos son de Surinam y la Guayana Francesa, los más grisáceos son de Costa Rica, los pardoverdosos son de Venezuela, Colombia y Norte del Brasil, y en el sur de Brasil junto con el norte de Argentina son más anaranjados o amarillentos (Durán, 2004).

Con respecto a la distribución de *A. longimanus*, los últimos reportes señalan su presencia en el centro de México, específicamente en la región de la Sierra Alta del Estado de Hidalgo. Terrón (1993), recolectó seis ejemplares en los municipios de Lolotla y Molango (Morón y Terrón, 1988) (Fig. 3), localidades que se encuentran a altitudes que van de 1,022 a 1,550 msnm. La Sierra Alta está ubicada en el territorio que baja a la Llanura Costera del Golfo Norte de los valles y llanos ubicados en el Sur, pertenecientes fisiográficamente al Eje Volcánico.

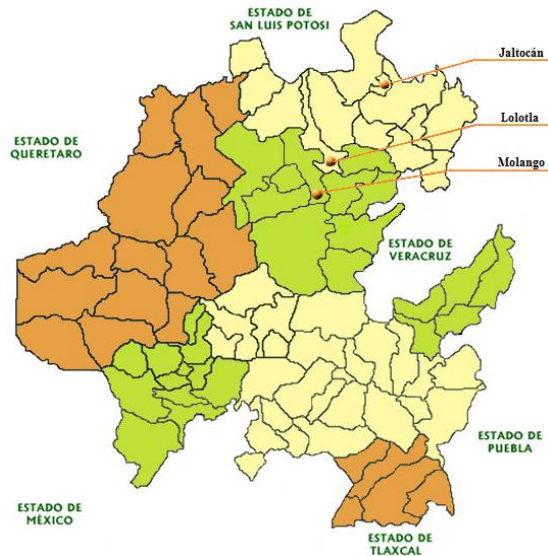


Figura 3. Estado de Hidalgo, distribución del escarabajo.

En colectas dirigidas en la región de la Planicie Huasteca del Estado de Hidalgo, específicamente en el lugar conocido como Barrio Pahuatitla del municipio de Jaltocán, a una altitud de 200 msnm, cuya localización geográfica es por el Norte, latitud 21° 08' 00" y por el Oeste 98° 32' 18", donde se encontró un ejemplar de *A. longimanus* (Fig. 2), no se tenía reporte de su presencia en esta región, en donde la orografía tiene una superficie abrupta

ya que lo cruza la Sierra Madre Oriental, además de acantilados, cañadas y un valle; la flora está compuesta por selva, bosques, pastizales y matorrales, dando un atractivo natural de vegetación abundante. Entre las especies encontramos: acacia, totopo, guayacule, huizapole, coachapo, berenjena, acalama, corbata, zapote, capulín, limonaria. También podemos encontrar árboles exóticos como naranjo, limón, chicozapote, papaya, guayaba, mango y piña.

Los bosques espesos neotropicales y ecuatoriales y sobre numerosas especies arbóreas de gran porte (Durán, 2005) son los ambientes preferidos de los escarabajos arlequín. Su polifagia le permite vivir sobre otros representantes de familias diferentes (Durán, 2004) como Bombacaceae (*Chorisia*), Caryocaraceae (*Caryocar*), Fabaceae (*Lonchocarpus*, *Enterolobium*), Lauraceae (*Persea*), Mimosaceae (*Inga*), Sterculiaceae (*Guazuma*) y Moraceae (*Ficus*, *Castilla*, *Brosimum*, *Artocarpus*, *Chlorophora*, *Urostigma*) y también afecta a cultivos de *Theobroma cacao*, *Clarisia racemosa*, y *Guazuma ulmifolia*, mostrando su preferencia por los árboles debilitados (Gallego y Angel, 1992; Madrigal, 2003 citado por Douglas y Salazar, 2005). Los árboles muertos infestados con hongos, atraen a los machos y hembras para acoplarse y ovipositar, también se desarrollan las larvas (Zeh *et al.*, 2003). Pueden ser atraídos por frutas suaves como el mango, melón y aguacate (Hovore, 2000).

LITERATURA CITADA

- Bolívar, C.P. 1947. Historia natural, II: invertebrados (zool): p. 213-217, Ed. Publ. Inst. Gallach, Barcelona.
- Douglas, L. R. y E. J. A. Salazar. 2005. Coleóptera (III) sobre algunas localidades colombianas para conocer y estudiar a *Acrocinus longimanus* (L.) y *Euchroma gigantea* (L.) (Coleóptera: Cerambycidae-Buprestidae). Boletín Científico, Centro de Museos, Museo de Historia Natural Vol. 9. p. 139-153.
- Durán, J. R. E. 2004. Cerambícidos exóticos del ámbito amazónico. Revista Foresta, #28. p. 48-55.
- Durán, J. R. E. 2005. Arlequín de Cayena. Revista Terralia, #48. Ediciones Agrotécnicas. p. 74-79.
- Evans, A. V. y C. L. Bellamy. 2000. An inordinate fondness for beetles. University of California Press. 130 p.
- Gallego, F.L. & Velez-Angel, R., 1992.- Lista de insectos que afectan los principales cultivos, plantas forestales, animales domésticos y al hombre en Colombia: 142 pp. U. Nac. Socolen.
- Henderson, C. L. y D. H. Jansen. 2010. A field guide of butterflies, moths and other invertebrates of Costa Rica. University of Texas Press. 130 p.
- Hovore, F.T. 2000. Longhorned beetles (Cerambycidae and Disteniidae) of Monteverde. In Monteverde: ecology and conservation of a tropical cloud forest. Nadkarni, N.M. y N.T. Wheelwright, (eds.). Oxford Univ. Press, 573 p.
- Lawrence, J. F. y Newton, A. F., Jr. 1995. Families and subfamilies of Coleoptera (with selectes genera, notes, references and data on family-group names). In: Pakaluk y Slipinski (eds.). Biology, phylogeny and classification of Coleoptera: papers celebrating the 80th birthday of Roy A. Crowson. Muzeum Instytut Zoologii PAN, Warszawa. p. 779-1006.
- Morón, M. A. y R. A. Terrón. 1988. Entomología práctica. Instituto de Ecología, A. C., México, D.F. 504 p.
- Rodríguez, J. P. y Rojas S., F. 1999. Libro rojo de la fauna venezolana. 2^o Edición Fundación Polar y Provita. Caracas, Venezuela. 331 p.
- Scortecchi, G., 1968. Los animales, insectos 5: 385-421. Ed. Vergara, Barcelona.
- Stanek, V.J., 1972. Gran enciclopedia ilustrada de los Insectos: 543 p.+ figs. Círculo de Lect. Artia Praga.
- Terrón, S. R. A. 1993. Nuevos registros de coleópteros Cerambycidae del Estado de Hidalgo, México (Insecta: Coleóptera). In Investigaciones recientes sobre flora y fauna de Hidalgo, México. Villancencio *et al.* (eds.). Universidad Autónoma de Hidalgo. Pachuca, Hidalgo, México. 515pp.

- Triplehorn, C. A. y N. F. Johnson. 2005. An introduction to the study of insects. 7th Edition. Editorial Saunders College Publishing. 875pp.
- Vives, E., 2000. Coleóptera: Cerambycidae. *In*: Fauna ibérica, vol. 12. Ramos et al. (Eds.). Museo Nacional de Ciencias Naturales, CSIC, Madrid, 716 pág.
- Zeh, D.W. y Zeh, J. 1992. On the function of harlequin beetle-riding in the pseudoscorpion *Cordylochernes scorpioides* (ps: Chernetidae). *J. Arachnology*, 20: 47-51.
- Zeh, D. W., J. A. Zeh y M. M. Bonilla. 2003. Phylogeography of the giant harlequin beetle (*Acrocinus longimanus*). *Journal of Biogeography*, 30 p 747-753. Oxford.



SECRETARÍA DE
EDUCACIÓN PÚBLICA

Instituto Tecnológico de Cd. Victoria

División de Estudios de Posgrado e Investigación

Maestría en

CIENCIAS EN BIOLOGÍA

PADRÓN NACIONAL DE POSGRADO DE CALIDAD (SEP-CONACYT)

Especialidad:
Manejo y Conservación de Recursos Naturales (Terrestres o Acuáticos)



Becas Disponibles

Maestría en Ciencias en Biología

PERFIL

El programa está diseñado para egresados de la carrera de biología o afines como médicos veterinarios, ingenieros agrónomos, ingenieros ambientales e ingenieros forestales. Podrán participar egresados de otras carreras con la aprobación del consejo de posgrado.

REQUISITOS DE INGRESO Y DOCUMENTACIÓN

- Carta de exposición de motivos indicando porque desea cursar una maestría y porque desea ingresar a este programa, Maestría en Ciencias en Biología-ITCV.
- Copia (s) de título profesional, certificado de calificaciones, diploma (s) y constancias de otros estudios.
- Constancia de promedio mínimo de 8 (ocho) en estudios de licenciatura.
- Currículum vitae con documentos probatorios adjuntos.
- Comprender el idioma inglés y aprobar examen de inglés del programa de MCB-ITCV.
- Dos fotografías tamaño credencial.
- Aprobar examen de admisión.
- Carta compromiso indicando que terminará su programa de maestría en dos años.
- Disposición para desarrollar e integrarse en proyectos de investigación.
- Entrevista con el comité de posgrado.
- Ser estudiante de tiempo completo.

PLAN DE ESTUDIOS

El programa está diseñado para concluirse en dos años y consta de cinco materias básicas, seis optativas y presentación de tesis de grado.

Áreas disponibles actualmente para investigación y desarrollo de tesis:

Malacología, Entomología, Micología, Mastozoología, Ciencias Forestales (Biodiversidad, Sistemática, Ecología y Fisiología).

PLANTA DOCENTE

Aguilar Pablo Octavio. Dr. INECOL A.C.
Genética (Biología Molecular), Manejo de Recursos Naturales (Ecología).

Almaguer Sierra Pedro, Dr. UANL.
Agua- Suelos, Agrometeorología e Hidroponia.

Barrientos Lozano Ludivina, Ph.D. Universidad de Gales, College of Cardiff. Reino Unido. Entomología Aplicada. Ecología y Sistemática de Orthoptera.

Correa Sandoval Alfonso, Dr. UNAM
Malacología y Ecología Marina.

Flores Gracia Juan, Dr. UANL.
Genética y Biotecnología.

García Jiménez Jesús, M.C. UANL
Micología y Parasitología Forestal.

Guevara Guerrero Gonzalo, Dr. UANL.
Biotecnología y Micología.

Horta Vega Jorge V., Dr. CINVESTAV-IPN
Neurociencias y Entomología.

Venegas Barrera Crystian Sadiel. Dr. CIBNOR.
Manejo y Preservación de Recursos Naturales (Ecología).

INFORMES

**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CD.
VICTORIA**
División de Estudios de Posgrado e
Investigación

Bld. Emilio Portes Gil No. 1301 Cd. Victoria,
Tam. C.P. 87010 Apdo. Postal 175
Tel. (834) 153 2000 Ext. 325

<http://www.postgradositcv.com>

<http://www.itvictoria.edu.mx>

E-mail: jhortavega@yahoo.com.mx

E-mail: almagavetec@hotmail.com





SECRETARÍA DE
EDUCACIÓN PÚBLICA

Instituto Tecnológico de Cd. Victoria

División de Estudios de Posgrado e Investigación

Doctorado en CIENCIAS EN BIOLOGÍA

**PADRÓN NACIONAL DE POSGRADO DE
CALIDAD (SEP-CONACYT)**

Convocatoria: 2013



Recepción de solicitudes: Recepción de solicitudes: enero-mayo de 2013

Líneas de investigación

- Biodiversidad y Ecología
- Manejo y Conservación de Recursos Naturales
- Procesos Biotecnológicos

- Presentar por escrito protocolo de investigación (3-5 cuartillas) para evaluar aptitudes y habilidades de experiencia previa, en el área de ciencias naturales.
- Carta de aceptación de uno de los miembros del Claustro Doctoral.

Requisitos y antecedentes académicos de ingreso de los candidatos

- Contar con grado de Maestría (indispensable estar titulado) en un programa experimental o de investigación en el área de las Ciencias Biológicas.
- Promedio igual o superior a 8 (80 de 100) en estudios de maestría.
- Disponer de tiempo completo para cumplir con el programa doctoral.
- Aprobar el examen de conocimientos que aplica el programa o acreditar con al menos un 75% en conocimientos básicos y un 60% en habilidades de investigación en el EXANI-III del CENEVAL.
- Acreditar el examen de Inglés TOEFL, al ingresar al programa, mínimo 500 puntos. O bien acreditarlo este examen antes de egresar del programa, ya que este es un requisito para sustentar examen de grado y poder titularse.
- Presentar dos cartas académicas de recomendación expedidas por profesionistas reconocidos.
- Carta de exposición de motivos para el ingreso al doctorado, no mayor de una cuartilla, con fecha y firma.
- Visto bueno en entrevista con miembros del Claustro Doctoral.

PLANTA DOCENTE

Aguilar Pablo Octavio, Dr. INECOL A.C.
Genética (Biología Molecular), Manejo de Recursos Naturales (Ecología).

Almaguer Sierra Pedro, Dr. UANL.
Agua- Suelos, Agrometeorología e Hidroponía.

Barrientos Lozano Ludivina, Ph.D. Universidad de Gales, College of Cardiff. Reino Unido. Entomología Aplicada. Ecología y Sistemática de Orthoptera.

Correa Sandoval Alfonso, Dr. UNAM
Malacología y Ecología Marina.

Flores Gracia Juan, Dr. UANL.
Genética y Biotecnología.

Guevara Guerrero Gonzalo, Dr. UANL.
Biotecnología y Micología.

Horta Vega Jorge V., Dr. CINVESTAV-IPN
Neurociencias y Entomología.

Venegas Barrera Crystian Sadiel, Dr. CIBNOR. Manejo y Preservación de Recursos Naturales (Ecología).

INFORMES

**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CD.
VICTORIA. División de Estudios de
Posgrado e Investigación.**

Bldv. Emilio Portes Gil No. 1301 Cd. Victoria,
Tam. C.P. 87010 Apdo. Postal 175.
Tel. (834) 153 2000, Ext. 325

<http://www.postgradositcv.com>

<http://www.itvictoria.edu.mx>

E-mail: jhortavega@yahoo.com.mx

E-mail: almagavetec@hotmail.com



CONVOCATORIA PARA PUBLICAR EN TecnolNTELECTO: TÍTULO CON MAYÚSCULAS DEBIDAMENTE ACENTUADAS, EN NEGRITAS, CENTRADO, ARIAL 10, INTERLINEADO SENCILLO

Autor(es) Arial 10 puntos, itálica, centrado, interlineado sencillo; principia con la inicial del nombre y apellidos completos, separados por un guión, sin grado académico, más de un autor separados con comas e indicadores para los datos siguientes: Institución(es) en 10 Arial, en itálica y centrado, interlineado sencillo, correo electrónico de los autores centrado, interlineado sencillo

RESUMEN: Deberá ser lo más general y significativo posible, de manera que en pocas palabras exprese la aportación más relevante del artículo. Letra tipo Arial de 10 puntos, interlineado sencillo y espaciado anterior de 8 puntos y posterior de 6, iniciando con la palabra **RESUMEN** en negritas. Texto con alineación ajustada en todo el artículo. Si el artículo está en español, adjuntar el resumen inglés.

PALABRAS CLAVE: Colocar las palabras (tres a cinco) más significativas en el artículo, no repetir palabras del título, fuente de 10 puntos, dejando un espacio entre el párrafo anterior.

ABSTRACT: The abstract shall be as general and substantial as possible, in such a way that provides in a few words a clear idea of the paper's contribution. Please use Arial font 10 points, single space, space above 8 points and below 6 points, begin text with the word **ABSTRACT** in bold face. All text through the paper must be aligned to fit page. If paper is in Spanish abstract shall be in English.

KEY WORDS: Please use the most (three to five) significant words, font of 10 points, leaving a space between the preceding paragraphs.

1. INTRODUCCIÓN

Los criterios para la revisión técnica son: importancia de la contribución a la divulgación científica, pertinencia de métodos empleados, correcta presentación de datos, soporte del manuscrito con literatura relevante y actualizada, discusión suficiente o necesaria. Además, figuras y tablas adecuadas. El manuscrito pasará al comité editorial, quien dictaminará si contiene el mínimo indispensable para ser publicado, lo cual se notificará vía electrónica en formato pdf.

2. CARACTERÍSTICAS

El cuerpo del artículo en dos columnas con 0.6 cm entre ellas y todos sus márgenes de 3 cm. Cada sección deberá contener un título numerado con formato de párrafo espaciado anterior de 12 y posterior de 6 puntos. La fuente de todo el manuscrito es Arial. En el cuerpo de 10 puntos, interlineado sencillo, con secciones numeradas con números arábigos.

2.1 Idioma Español o inglés.

2.2 Subsecciones

Las subsecciones en formato tipo título, negritas, interlineado sencillo y

espaciado anterior y posterior de 6 puntos.

2.3. Las gráficas y tablas

Serán en **escala de grises** y se ajustarán de acuerdo a las características de ellas y al gusto del investigador. Deberán ser posicionadas de acuerdo a la necesidad del investigador y bajo su responsabilidad.

3. LINEAMIENTOS

Los artículos deberán ser inéditos. Cada trabajo deberá presentarse en un mínimo de 5 y un máximo de 10 páginas. De 5 páginas se considerarán artículos cortos y se publicarán a recomendación del comité editorial.

4. RESPONSABILIDADES

El investigador es responsable del contenido, la sintaxis y el envío de su artículo en Word a la coordinación editorial actual de TecnolNTELECTO: ludivinab@yahoo.com, almagavetec@hotmail.com. El Instituto Tecnológico de Cd. Victoria será responsable de la revisión y aceptación o rechazo de los manuscritos, la edición de la revista, el índice, la impresión y distribución, apoyándose en el

Comité Editorial y otras instituciones, si lo considera pertinente.

señalar después del título si es profesional o de grado.

Los artículos que no se ajusten a las normas editoriales serán rechazados para su adecuación.

Capítulo de libro:

Navarrete-Heredia J. L. y A. F. Newton. 1996. Staphylinidae (Coleoptera). Pp. 369-380. *In:* J. E. Llorente-Bousquets, A. N. García-Aldrete y E. González-Soriano (Eds.). Biodiversidad, Taxonomía y Biogeografía de Artrópodos de México: Hacia una Síntesis de su Conocimiento. Instituto de Biología, UNAM, México, D. F.

5. FECHAS IMPORTANTES

Recepción de noviembre a enero y de junio a agosto. Respuesta y observaciones, desde su recepción hasta marzo o septiembre según corresponda. Publicación abril y octubre y su distribución en julio y enero

Instituto Tecnológico de Cd. Victoria

División de Estudios de Posgrado e Investigación-Coordinación Editorial de TecnoINTELECTO.

6. LITERATURA CITADA

6.1 Referencias en texto

Sin numerar, solo citar apellido(s) según el caso y el año separado por una coma, si son más citas separar por punto y coma; dos autores se separan “y” y si son más de dos autores solo se pondrá el apellido(s) del primer autor seguido de “*et al.*”.

Dra. Ludivina Barrientos Lozano:

ludivinab@yahoo.com,
almagavetec@hotmail.com

Al final, listar en orden alfabético sin numeración. Autor (es) iniciando con apellido (s) seguido por la inicial del nombre (s), si es el caso puede escribir los dos apellidos separados por un guión. Año. Título del artículo. Nombre de la Revista, Volumen y número de páginas, tipo Arial, 10 puntos, interlineado sencillo.

Artículo científico

Armenta, C. S., H. Bravo y R. Reyes. 1978. Estudios bioecológicos de *Epilachna varivestis* Mulsant, bajo condiciones de laboratorio y campo. *Agrociencia*, 34: 133-146.

Ávila-Valdez, J., L. Barrientos-Lozano y P. García-Salazar. 2006. Manejo Integrado de la Langosta centroamericana (*Schistocerca piceifrons piceifrons* Walker) (Orthoptera: Acrididae) en el sur de Tamaulipas. *Entomología Mexicana*, 5: 636-641.

Libro o Tesis

Jaffe K., J. Lattke y E. Pérez. 1993. El mundo de las hormigas. Equinoccio Ediciones. Universidad Simón Bolívar, Venezuela. 196pp. En el caso de tesis