



SEP

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

SECRETARÍA DE
EDUCACIÓN PÚBLICA

TecnoINTELECTO

Órgano de Divulgación Científica

Una Publicación del Instituto Tecnológico de Cd. Victoria

Volumen 7

No. 2

Octubre 2010

ISSN 1665-983X

CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES

Comparación de dos tipos de bolsas en la producción masiva de esporas de *Metarhizium anisopliae* var. *acridum*-MaPL32. Rosales-Escobar O. E., Barrientos-Lozano L., Almaguer-Sierra P., Horta-Vega J.V.....1

Impacto medioambiental en los tiraderos a cielo abierto de residuos sólidos urbanos: zona metropolitana del sur de Tamaulipas. Garza-Flores R., Pérez-Arriaga E., Márquez-Fernández D., Garza-Flores C. A., Calderón-Maya J. R. & Guevara-Guerrero M. Á.....8

Nematelmintos Parásitos de la Chihua, *Eugerres plumieri* Cuvier, 1830 (Perciformes, Gerreidae), en La Bahía de Chetumal, Quintana Roo, México. Sánchez-Ceballos L. D., González-Solís D. & Ortiz-León H..... 15

INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA

Modelo de programación lineal para optimización de costos de menú de comedor industrial. Orozco-Martínez A. B. & De Santiago-Guerrero C26

Cifrado de datos con algoritmo AES usando programación MULTIHILLO. Martínez-Guerra S. I., García-Mundo L. C., Vargas-Enríquez J. A., Chávez-Vázquez L. E. & Charles-Walle E. A.33

Configuración y análisis de zonas de operación en relevadores de distancia con el uso del algoritmo de la ecuación diferencial. Vázquez-Córdova B. H., Rodríguez-Cartagena J. & Cisneros-Villegas H..... 43

DIRECTORIO

Dr. Carlos Alfonso García Ibarra

Director General de Educación Superior Tecnológica

Ing. David Zepeda Sánchez

Director

Lic. José Ángel Nieto Meza

Subdirector de Servicios Administrativos

Ing. Gaspar Nolasco Antonio

Subdirector Académico

Ing. Eliud Báez Vázquez

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.

INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA

Marco Antonio Arjona, Ph. D.

División de Estudios de Posgrado e Investigación, Instituto Tecnológico de la Laguna. Torreón, Coah.

Alberto Álvarez Castillo, Ph. D.

División de Estudios de Posgrado e Investigación, Instituto Tecnológico de Zacatepec. Zacatepec, Mor.

Alejandro Enrique Dzul López, Ph. D.

División de Estudios de Posgrado e Investigación, Instituto Tecnológico de la Laguna. Torreón, Coah.

Jesús de León Morales, Ph. D.

Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, UANL. S.N. de los G., N.L.

Miguel Ángel Llama Leal, Dr.

División de Estudios de Posgrado e Investigación, Instituto Tecnológico de la Laguna. Torreón, Coah.

Ricardo Daniel López García, M. C.

Departamento de Ingeniería Metal-Mecánica, Instituto Tecnológico de Cd. Victoria, Tam.

Araceli Maldonado Reyes, Dra.

Departamento de Ingeniería Metal-Mecánica, Instituto Tecnológico de Cd. Victoria, Tam.

Edgar Medina Ramírez, Ing.

Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, Instituto Tecnológico de Cd. Victoria, Tam.

Lilia García Mundo, M.C.

Departamento de Sistemas y Computación, Instituto Tecnológico de Cd. Victoria, Tam.

Juan Antonio Vargas Enríquez, M.C.

Departamento de Sistemas y Computación, Instituto Tecnológico de Cd. Victoria, Tam.

Librado Arellano Conde, M.C.

Departamento de Ingeniería Industrial, Instituto Tecnológico de Cd. Victoria, Tam.

CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES

Ludivina Barrientos Lozano, Ph. D.

División de Estudios de Posgrado e Investigación, Instituto Tecnológico de Cd. Victoria, Tam.

Alfonso Correa Sandoval, Dr.

División de Estudios de Posgrado e Investigación, Instituto Tecnológico de Cd. Victoria, Tam.

Gonzalo Guevara Guerrero, Dr.

División de Estudios de Posgrado e Investigación, Instituto Tecnológico de Cd. Victoria, Tam.

Jorge Víctor Horta Vega, Dr.

División de Estudios de Posgrado e Investigación, Instituto Tecnológico de Cd. Victoria, Tam.

Luis Samaniego Moreno, M.C.

Departamento de Riego y Drenaje. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coah.

Pedro Almaguer Sierra, Dr.

División de Estudios de Posgrado e Investigación, Instituto Tecnológico de Cd. Victoria, Tam.

Fidel Blanco Macías, Dr.

Universidad Autónoma de Chapingo. Centro Regional Universitario Centro-Norte. Zacatecas, Zac.

Humberto Rodríguez Fuentes, Ph. D.

División de Estudios de Posgrado e Investigación, Facultad de Agronomía de la UANL. Escobedo, N.L.

Juan Antonio Vidales Contreras, Ph. D.

División de Estudios de Posgrado e Investigación, Facultad de Agronomía de la UANL. Escobedo, N.L.

INVESTIGACIÓN EDUCATIVA Y PLANEACIÓN

Arturo Higinio Soto Márquez, M.C.

Departamento de Ciencias Básicas, Instituto Tecnológico de Cd. Victoria, Tam.

Oscar Saúl Escamilla Gallegos, Dr.

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) 3130662 al 64; Fax: (834) 3133646. La responsabilidad del 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: Blanca Rosa Méndez Gómez & Aurora Yazmín Rocha Sánchez. Envío de documentos, consultas y sugerencias al correo electrónico: ludivinab@yahoo.com, ludibarrientos@prodigy.net.mx Todos los derechos son reservados y propiedad del Instituto Tecnológico de Cd. Victoria del Sistema Nacional de Educación Superior Tecnológica. TecnoINTELECTO, Vol. 7 No. 2. Cd. Victoria, Tamaulipas, México.

Consúltanos en el Índice Latinoamericano www.latindex.org y en el Índice de Revistas Latinoamericanas en Ciencias PERIÓDICA www.dgb.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, se ha permitido con regularidad y con cierto equilibrio, en parte de los artículos publicados hasta el momento, un mayor énfasis en el carácter técnico-científico, sin descuidar el 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 Institutos Tecnológicos, es necesario que estos esfuerzos de mantener vigentes publicaciones periódicas continúen, y que además, se multipliquen.

En este número se agradece la contribución de los autores del Instituto Tecnológico de Querétaro; de la Facultad de Ingeniería Arturo Narro Siller-Universidad Autónoma de Tamaulipas (UAT); de la Universidad de Sevilla, España-Depto. de Geografía Humana; de la División de Estudios de Posgrado e Investigación, FIANS – UAT; de la Universidad Autónoma del Estado de México; de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia-Dr. Norberto Treviño Zapata-UAT; del Instituto Tecnológico de Chetumal; El Colegio de la Frontera Sur, Unidad Chetumal; del Instituto Tecnológico de Morelia; el Instituto Tecnológico de Cd. Madero y del Instituto Tecnológico de Cd. Victoria, Tamaulipas.

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

COMITÉ EDITORIAL
TecnoINTELECTO

COMPARACIÓN DE DOS TIPOS DE BOLSAS EN LA PRODUCCIÓN MASIVA DE ESPORAS DE *Metarhizium anisopliae* var. *Acridum*-MaPL32

O. E. Rosales-Escobar, L. Barrientos-Lozano, P. Almaguer-Sierra & J. V. Horta-Vega
 Instituto Tecnológico de Ciudad Victoria. Blvd. Emilio Portes Gil No. 1301. Cd. Victoria,
 Tamaulipas, México. C.P. 87010. escobarlalo@hotmail.com, ludivinab@yahoo.com

RESUMEN: Los agentes de control biológico juegan un papel importante en la industria de los alimentos orgánicos, ya que carecen de residuos post-cosecha. El hongo entomopatógeno *Metarhizium anisopliae* var. *acridum* se encuentra naturalmente en el ambiente y se ha desarrollado como bioinsecticida. En México se utiliza en el Manejo Integrado contra la langosta centroamericana *Schistocerca piceifrons piceifrons* Walker y saltamontes plaga (Barrientos-Lozano 2005, Ávila *et al.*, 2007, Martínez & García, 2007). Este estudio tuvo por objetivo evaluar dos tipos de bolsas (bolsas de polipapel de 20X30 cm y bolsas especiales de 15X45 cm con banda para la transpiración) en la producción masiva de esporas de *M. anisopliae* var. *acridum* (MaPI32). La producción de esporas se llevó a cabo utilizando la metodología LUBILOSA, modificada por Cepeda-Puente *et al.* (2007). Para el tratamiento 1 (bolsas de polipapel) la producción promedio de esporas/kg de arroz fue de 25.01g con una concentración promedio de 2.65×10^{10} esporas/g, mientras que para el tratamiento 2 (bolsas con banda para la transpiración) se obtuvo una producción promedio de 36.6g de esporas/kg de arroz con una concentración promedio de 3.04×10^{10} . Se muestra que es posible incrementar hasta en un 50% la producción de esporas de *M. anisopliae acridum* al utilizar bolsas especiales con bandas para la transpiración y la metodología LUBILOSA modificada por Cepeda-Puente *et al.* (2007). Al utilizar esta metodología se obtienen más esporas por kilogramo de sustrato en menor tiempo (14 ± 2 días), dependiendo de las condiciones de producción. También la concentración promedio de conidias por gramo es más alta, lo cual disminuye la dosis recomendada para el control de plagas y el costo del producto biológico por hectárea. La mayor producción se obtuvo con temperaturas de 23-24°C.

PALAVRAS CLAVE: *Metarhizium anisopliae* var. *acridum*, producción, esporas.

ABSTRACT: Biological control agents play an important role in the organic food industry by allowing production of healthier food and lack of post-harvest period. The entomopathogenic fungus *Metarhizium anisopliae* var. *acridum* occurs naturally in the environment and it has been developed as a biopesticide. This biopesticide is used strategically in the Integrated Management of the Central American locust *Schistocerca piceifrons piceifrons* Walker and other grasshopper pests (Barrientos-Lozano 2005, Avila *et al.*, 2007, Martinez & Garcia, 2007). This work aimed to evaluate two types of bags (poly-paper bags of 20x30 cm and bags of 15x45 cm with a special band for fungal transpiration); these bags were used for spore's mass production of the entomopathogenic fungus *M. anisopliae* var. *acridum* (MaPI32). The production of spores was carried out using the LUBILOSA method, modified by Cepeda-Puente *et al.* (2007). For treatment 1 (poly-paper bags) the average production of spores/kg of rice was 25.01g, with an average concentration of 2.65×10^{10} spores/g. For treatment 2 (bags with transpiration band) the average production of spores was 36.6g/kg of rice with an average concentration of 3.04×10^{10} spores/g. These results show that it is possible to increase up to 50% the production of spores of *M. anisopliae acridum* using special bags for fungus production and the LUBILOSA methodology adapted by Cepeda-Puente *et al.* (2007). Using this methodology yields more spores per kilogram of substratum in less time (14 ± 2 days), depending on production conditions. Also the average concentration of conidia per gram is higher, thus lowering the recommended dose for control of pests and reduces the cost of the biological product per hectare. The highest production was obtained with temperatures of 23-24 °C.

KEY WORDS: *Metarhizium anisopliae* var. *acridum*, spores production.

1. INTRODUCCIÓN

El uso irracional e indiscriminado de plaguicidas sintéticos ha generado una serie de efectos negativos en el ambiente, ocasionando aumento de poblaciones de insectos plaga, resistencia al acelerar la selección natural y destrucción y muerte de enemigos naturales, entre otros. Años de investigación científica en países como Australia y Gran Bretaña (Milner, 2000; Hunter *et al.*, 2000; Milner & Hunter, 2001; Hunter, 2005) África (Douthwaite *et al.*, 2001; Lomer *et al.*, 2001) Brasil (Magalhaes *et al.*, 2001) y México (Hernández *et al.*, 2000; Barrientos *et al.*, 2002) han demostrado la eficacia del hongo entomopatógeno *Metarhizium anisopliae* var. *acridum* y recomiendan el uso de insecticidas biológicos como componente importante en el manejo de plagas. Los hongos entomopatógenos se usan ampliamente para el control de plagas, por ser más seguros en el aspecto ecológico, más económicos, pueden ser fácilmente producidos y formulados como insecticidas biológicos, pueden manipularse fácilmente al aplicarse con tecnología tradicional o convencional (Jenkins & Prior 1993).

Debido a la distribución y variabilidad de los ecosistemas que encontramos en la República Mexicana existe un gran número de aislamientos nativos de *Metarhizium anisopliae* var. *acridum* con alta virulencia, capaces de eliminar o mantener las plagas en niveles que no ocasionen daño económico a los cultivos (Barrientos *et al.*, 2002; Barrientos, 2004; Milner *et al.*, 2003; Hernández *et al.*, 2003). Este estudio tuvo por objetivo evaluar dos tipos de bolsas en la producción masiva de esporas del hongo entomopatógeno *Metarhizium anisopliae* var. *acridum* (MaPI32), utilizando la metodología LUBILOSA, modificada por Cepeda-Puente *et al.* (2007).

2. MATERIALES Y METODOS

La investigación se desarrolló en el Laboratorio de Ecología del Instituto Tecnológico de Ciudad Victoria durante los meses de Agosto 2009-Marzo 2010. Las esporas de *M. anisopliae* var. *acridum* (aislamiento MaPL32) fueron producidas siguiendo la metodología LUBILOSA, modificada por Cepeda-Puente *et*

al. (2007). Esta metodología permite incrementar la producción de esporas por kilogramo de arroz y reduce el riesgo de contaminación mediante el uso de bolsas especiales, con bandas para la transpiración.

2.1 Descripción de la Metodología LUBILOSA modificada

2.1.1 Preparación del Sustrato: Se utiliza arroz quebrado de 2da. El arroz se lava con agua potable, posteriormente se deja en reposo por 30 min en agua caliente ($75 \pm 5^\circ \text{C}$) con 130 ppm de antibiótico (tetraciclina y furazolidona, 2 pastillas de col-d'tif/litro de agua) y 0.065 ml de cloro/Lt de agua; posteriormente se extrae el exceso de agua, estilando el arroz por 20 min. El arroz se precece en una cazuela grande añadiendo 300ml de agua y 20ml de aceite para cocinar (aceite de maíz, u otro aceite vegetal) por cada kilogramo de arroz. Se revuelve bien y se calienta hasta evaporar el exceso de agua. El arroz se revuelve seguido durante el proceso de cocimiento para evitar que se pegue y no absorba mucha agua. Al terminar, el arroz se estila y se deja enfriar durante 20 min. El arroz precocido se distribuye en bolsas de 17 X 33 cm, en porción de 250g de arroz/bolsa. Estas bolsas son especiales para producción de hongos ya que tienen bandas que permiten la transpiración. Posteriormente las bolsas con arroz son esterilizadas por 15-20min a una presión de 120 kg/cm^2 , después de 24 horas de enfriamiento a temperatura ambiente, las bolsas con arroz estarán listas para ser inoculadas con el hongo.

2.1.2 Inoculación de Bolsas: Antes de ser inoculadas, las bolsas son marcadas en la parte central con un punto sobre el cual se realizará la inoculación. A cada bolsa se le agregarán 30ml de micelio, para esta acción se utiliza una jeringa de repetición de uso veterinario. Enseguida se sella con masking tape el orificio que dejó la aguja de inoculación. Posteriormente el arroz inoculado se homogeniza. Finalmente las bolsas inoculadas se trasladan a la sala de germinación y crecimiento.

2.1.3 Sala de Germinación y Crecimiento: En esta área las bolsas permanecen en estantes a $28 \pm 1^\circ \text{C}$ y un fotoperiodo de 14:10 durante 10

días. En este periodo es necesario mover el arroz en las bolsas cada 2 días, con el objeto de incrementar la superficie de esporulación. Una vez transcurrido este tiempo, las bolsas son trasladadas a la sala de secado donde se colocan en bandejas, y se dejan a temperatura ambiente por 5-8 días para que se deshidrate la mezcla arroz/conidias, posteriormente las esporas se separan del substrato/arroz usando un extractor.

Para realizar este trabajo la preparación del inoculo se realizó de manera experimental a pequeña escala. Se tomo una muestra del hongo *Metarhizium anisopliae* var. *acidum* (MaPI32), conservado en aceite mineral; se aisló, purifico (Fig. 1) y reprodujo masivamente en 3 kilogramos de arroz quebrado. En esta pequeña prueba se obtuvo un promedio de 30g de espora/kg de arroz con una concentración de 3.73×10^{10} esporas por gramo. El arroz tamizado aun tenía muchas esporas adheridas por lo cual fue lavado y se obtuvo una emulsión concentrada de esporas utilizadas en los experimentos.

Para evaluar la producción se utilizaron 30 kilogramos de arroz, 15 kg para cada tipo de bolsa. Se asignó (T1) a la bolsa sin banda especial para la transpiración de 20 x 30 cm (Fig. 2) y (T2) a la bolsa con banda especial para la transpiración de 10 x 45 cm (Fig. 3). Para cada tratamiento se realizaron 5 repeticiones; cada repetición equivale a preparar 3 kg de arroz y un concentrado de esporas (se suspendieron 300g de arroz-tamizado previamente para separar las esporas-en 500ml de agua destilada esterilizada con dispersante y se agitó durante 30 min. con la ayuda de una plancha eléctrica y una barra magnética a 10 rpm), posteriormente se inyectaron 30ml del concentrado en cada bolsa (Fig.4). En cada repetición se utilizaron 11 bolsas y se colocaron 273g de arroz lavado, desinfectado y precocido por bolsa. Cada una de las repeticiones fue observada durante 15 días posterior a su inoculación, las bolsas fueron movidas cada dos días para incrementar la superficie de crecimiento del hongo, al décimo día fueron abiertas y el arroz con el hongo germinado se esparció en bandejas de cartón forradas con papel estroza (Fig. 5), lo cual permitió absorber el excedente de humedad durante los días de secado a

temperatura ambiente. La temperatura ambiente osciló entre $25 \pm 2^\circ\text{C}$ durante la evaluación. La producción se realizó de manera artesanal, utilizando estantes metálicos aislados con plástico, esto permitió optimizar el espacio y separar la sala de germinación de la sala de secado, además de disminuir la contaminación de las bolsas cuando fueron abiertas.



Figura 1. Purificación y aislamiento de *Metarhizium anisopliae* var. *acidum* (MaPI32)



Figura 2. Bolsa de 20x30cm sin banda especial para transpiración



Figura 3. Bolsas de 15x45cm con banda especial para transpiración.



Figura 4. Inyectado del concentrado de esporas en las bolsas con arroz.



Figura 5. Deshidratación del arroz, una vez que el hongo germinó.



Figura 6. Esporas puras.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para el Tratamiento 1 (bolsa común de polipapel de 20X30cm) la producción total de esporas fue de 375.14g, con una producción y concentración media de 25.01g de esporas/kg de arroz y 2.65×10^{10} conidias/g, respectivamente (Cuadro 1, Fig. 6); la producción mínima de esporas se obtuvo en la repetición 1, siendo ésta de 15.75g esporas/kg de arroz, la máxima producción, 34.07g/kg de arroz, fue registrada en la repetición 5. En el tratamiento 2 (bolsa especial con banda para la transpiración de 15X45cm) se contaminaron dos repeticiones, sin embargo, la producción total de esporas para las tres repeticiones restantes fue de 328.9g, la producción promedio fue de 36.6g de esporas/kg de arroz, con una concentración promedio de 3.04×10^{10} conidias/g (Cuadro 2). La producción más alta se obtuvo al utilizar las bolsas con banda especial para la transpiración, repetición 1, siendo ésta de 39.7g esporas/kg arroz; la producción mínima fue registrada en la repetición 2, siendo ésta de 33.3g espora/kg de arroz (Cuadro No. 2). En el tratamiento 1, la producción y la concentración de esporas tuvieron un amplio rango de variación, incrementándose más del 100% ambas variables en la repetición 5 (Cuadro1). En el Tratamiento 2, la producción y la concentración de esporas fue más consistente (Cuadro 2), sin embargo, la producción promedio en el tratamiento 2 fue 50% más alta que en el tratamiento 1. Los resultados muestran que es posible incrementar la producción de esporas por kg/arroz, como lo indicó Cepeda Puente et al. (2007), quienes obtuvieron hasta 59.8g

esporas/kg de arroz utilizando la metodología que se usó en el presente trabajo. Por lo que si se usan bolsas especiales con banda para la transpiración y se controlan las variables de producción (temperatura, humedad, luz, periodo de incubación, deshidratación y método

de extracción), puede producirse una mayor cantidad de esporas por kg de substrato y de mayor calidad.

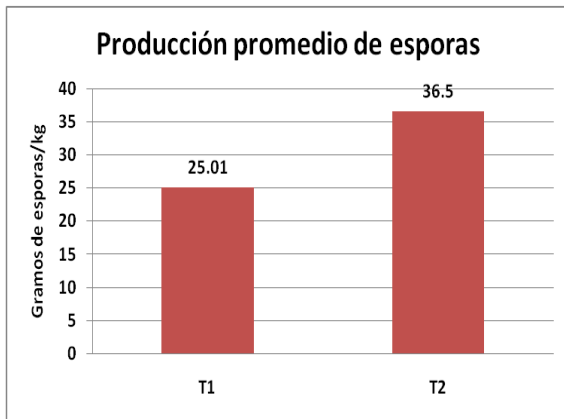
Tabla 1. Tratamiento 1, bolsa común de polipapel de 20 x 30cm.

Repetición	Bolsas Total	Peso Neto por Bolsa	Total esporas puras (g)	Promedio (g esporas/kg)	Concentración conidias/g
1	11	273	47.26	15.75	1.14×10^{10}
2	11	273	98.88	32.96	4.25×10^{10}
3	11	273	59.89	24.95	3.33×10^{10}
4	11	273	66.89	22.30	1.48×10^{10}
5	11	273	102.22	34.07	3.04×10^{10}
			$\Sigma = 375.14$	$\bar{X} = 25.01$	$\bar{X} = 2.65 \times 10^{10}$

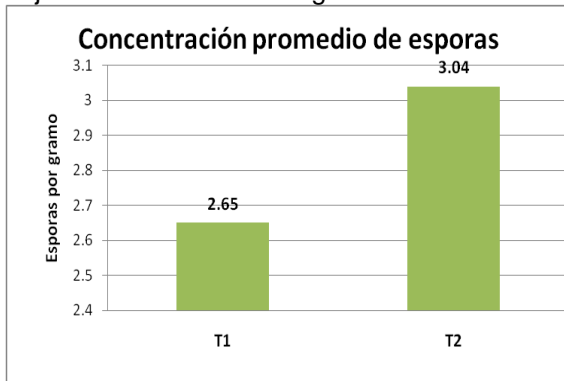
Tabla 2. Tratamiento 2, bolsa de 10 x 45cm con banda especial para la transpiración

Repetición	Bolsas Total	Peso Neto por Bolsa	Total esporas puras (g)	Promedio (g esporas/kg)	Concentración conidias/g
1	8	273	119.24	39.7	2.70×10^{10}
2	11	273	100	33.3	3.60×10^{10}
3	11	273	0	0	0
4	11	273	109.65	36.5	2.83×10^{10}
5	11	273	0	0	0
			$\Sigma = 328.9$	$\bar{X} = 36.6$	$\bar{X} = 3.04 \times 10^{10}$

Nota: el cero indica que la repetición se contaminó



Gráfica 1. Producción promedio de esporas, bajo una misma metodología.



Gráfica 2. Concentración promedio de esporas bajo una misma metodología. La cantidad mostrada equivale a la décima potencia.

4. CONCLUSIÓN

La producción de esporas de *M. anisopliae acridum* se incrementó 50% al utilizar bolsas especiales con bandas para la transpiración, Tratamiento 2, metodología LUBILOSA modificada por Cepeda-Puente *et al.* (2007). Al utilizar esta metodología se obtienen más esporas por kilogramo en menor tiempo (14 ± 2 días), dependiendo de las condiciones de producción. También la concentración promedio de conidias por gramo fue más alta, lo cual disminuye la dosis recomendada para el control de plagas y disminuye el costo del producto biológico por hectárea. La mayor producción se obtuvo con temperaturas de 23-24°C. La producción artesanal en bolsas comunes de polipapel puede ser una opción, ya que son muy baratas, costo aproximado de 0.06 centavos/bolsa, sin embargo, la

producción de esporas por kg de arroz es menor.

5. LITERATURA CITADA

Ávila-Valdez J., L. Barrientos-Lozano & P. García-Salazar. 2007. Estrategia integrada de manejo de la langosta voladora (*Schistocerca piceifrons piceifrons* Walker) (Orthoptera: Acrididae) en el Sur de Tamaulipas. Simposio Control Biológico y manejo de la Langosta centroamericana (*Schistocerca piceifrons piceifrons*, Walker). XXX Congreso Nacional de Control Biológico, 15 Noviembre de 2007 Mérida, Yucatán: 23-31.

Barrientos, L.L., V. M. Hernández, R.J. Milner & D.M. Hunter. 2002. Advances in biological control of locust and grasshopper in Mexico. *Journal of Orthoptera Resaerch* 11(1):77-82.

Barrientos-Lozano L. 2004. Uso Actual y Comercialización de hongos Entomopatógenos para el control de plagas. 2004. *TecnoIntelecto*, 1(1): 1-10.

Barrientos-Lozano L., D. M. Hunter, J. Ávila-Valdéz, P. García-Salazar & J. V. Horta-Vega. 2005. Control biológico de la langosta centroamericana (*Schistocerca piceifrons piceifrons* Walker) (Orthoptera: Acrididae) en el noreste de México. *Vedalia* 12 (2): 119-128.

Cepeda-Puente M. G., L. Barrientos-Lozano & E. Salazar-Solís. 2007. Óptima producción de *Metarhizium anisopliae acridum* (Ascomycota: Sordariomycetes: Hypocreales: Clavicipitaceae). Simposio Control Biológico y manejo de la Langosta centroamericana (*Schistocerca piceifrons piceifrons*, Walker), XXX Congreso Nacional de Control Biológico, 15 Noviembre de 2007. Mérida, Yucatán: 90-99.

Douthwaite B., Langewald J., Harris J. 2001. Development and comercialization of the Green Muscle biopesticide. *International Institute of tropical Agriculture*, Ibadan. Pp 23.

Hernández-Velázquez. V. M., A. Berlanga-Padilla & L. Barrientos-Lozano. 2000.

- Vegetables and mineral oil formulations of *Metharhizium anisopliae* var. *acridum* to control the Central American locust (*Schistocerca piceifrons piceifrons*, Walker) (Orthoptera: Acrididae). *Journal of Orthoptera Research* 9: 223-227.
- Hernández-Velásquez V. M., D.M Hunter, L. Barrientos-Lozano, R. Lezama-Gutiérrez and F. Reyes-Villanueva. 2003. Susceptibility of *Schistocerca piceifrons piceifrons* (Orthoptera: Acrididae) to *Metarhizium anisopliae* var. *acridum* (Deuteromycotina: Hyphomycetes). *Journal of Orthoptera Research* 12 (1): 89-92.
- Jenkins N.E. and C. Prior. 1993. Growth and formulation of true conidia of *Metharhizium flavoviride* in a similar liquid medium. *Mycological Research*, 97 1489-1494.
- Lomer, C. J. R. P. Bateman., D. L. Johnson, J. Langewald, M. Thomas. 2001. Biological control of locust and grasshoppers. *Annu. Rev. Entomology* 46: 667-702.
- Martínez-Rodríguez M. & P. García-Salazar. 2007. Problemática y manejo de la langosta centroamericana en el noreste de México (Tamaulipas, San Luis Potosí y Veracruz). Simposio Control Biológico y manejo de la Langosta centroamericana (*Schistocerca piceifrons piceifrons*, Walker). XXX Congreso Nacional de Control Biológico, Noviembre 15 de 2007. Mérida, Yucatán. Pp 6-13.
- Magalhaes B.P, de Faria M.R, Lecoq M, Schmidt F.G.V, Silva J.B.T, Frazao H.S, Balanca G, Foucard A. 2001. The use of *Metarhizium anisopliae* var. *Acridium* against the grasshoppers *Rhammatocerus schistocercoides* in Brazil. *Journal of Orthoptera Research*. 10: 199-202.
- Milner, R. 2000. Locust and Grasshoppers Biocontrol Comité Newsletter 2, February 2000. 6 pp.
- Milner R. J., Barrientos-Lozano L., F. Driver and D.M. Hunter. 2003. A comparative study of two Mexican isolates with an Australian isolate of *Metharhizium anisopliae* var. *acridum*-strain characterisation, temperature profile and virulence for wingless grasshopper, *Phaulacridium vittatum* *Biocontrol*, p.p. 335-348.
- Hunter D.M, R.J. Milner, J.C. Scanlan 2000. Use of the fungus *Metarhizium anisopliae* to control locusts in Australia. XXI International Congress of Entomology. Foz de Iguacu, Brazil. Abstracts Book 1: 257 pp.
- Hunter D.M. 2005 Mycopesticides as part of integrated pest management of locusts and grasshoppers. *J. Orthopteros Res.* 14: 197-201.
- Milner R.J., Hunter D. M. 2001. Recent developments in the use of fungi as biopesticides against locusts and grasshoppers in Australia. *Journal of Orthoptera Research*. 10:271-276.

IMPACTO MEDIOAMBIENTAL EN LOS TIRADEROS A CIELO ABIERTO DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS: ZONA METROPOLITANA DEL SUR DE TAMAULIPAS

R. Garza- Flores¹, E. Pérez-Arriaga², D. Márquez- Fernández³,
C. A. Garza-Flores², J. R. Calderón-Maya⁴ & M. Á. Guevara-Guerrero⁵

¹Facultad de Ingeniería "Arturo Narro Siller", UAT; ²División de Estudios de Posgrado e Investigación, FIANs – UAT; ³Universidad de Sevilla, España, Depto. de Geografía Humana, ⁴Universidad Autónoma del Estado de México; ⁵Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia "Dr. Norberto Treviño Zapata", UAT
Satmex7@hotmail.com

RESUMEN: La mayoría de los municipios del territorio nacional, presentan problemas de contaminación ambiental, uno de ellos, la disposición de residuos sólidos urbanos. Algunos municipios utilizan la técnica del relleno sanitario, olvidándose en ciertos casos, de clausurar y sanear al tiradero a cielo abierto o basurero municipal y de realizar una planeación estratégica para reincorporar el predio. La presente investigación tiene como objetivo realizar un estudio de impactos, al analizar, diseñar, identificar y evaluar por medio de una técnica matricial, cuyo resultado es un diagnóstico integral, por medio del cual, se detectan las afectaciones al medio natural y social, coadyuvando como una alternativa técnica-medioambiental, en la toma de decisiones para el saneamiento básico. Este estudio se plantea en las áreas, de destino final para los residuos generados por los municipios de Tampico, Ciudad Madero y Altamira, los cuales conforman la Zona Metropolitana del Sur de Tamaulipas.

PALABRAS CLAVE: Impacto ambiental, relleno sanitario, residuos sólidos urbanos, tiraderos a cielo abierto, contaminación ambiental, técnica matricial.

ABSTRACT: Most municipalities in the country have problems of environmental pollution, one of them, the disposal of municipal solid waste. Some cities use the technique of the landfill, forgetting in some cases, closing and cleaning up the open dump or sanitary landfill and to conduct strategic planning to reinstate the property. This research is aimed at making an impact study, to analyze, design, identify and evaluate a technique using matrix, resulting in a comprehensive assessment, by which, the damages to detect natural and social environment, helping as a technical-environmental alternative in decision making to basic sanitation. This study is set in the areas of final destination for waste from the municipalities of Tampico, Ciudad Madero and Altamira, which make up the metropolitan area of Southern Tamaulipas.

KEY WORDS: Environmental impact, solid waste, opens dumps, pollution, matrix technique.

1. INTRODUCCIÓN

La gran mayoría de los municipios de la República Mexicana no cuentan con una área destinada propiamente para el vertido y destino final de los Residuos Sólidos Urbanos (RSU), la cual cumpla con las disposiciones actuales en materia ambiental, estas áreas conocidas como Basureros Municipales o Tiraderos a Cielo Abierto (TCA), en donde se vierten y esparcen los RSU sin orden ni programa. Estos sitios, nacieron sin ninguna planeación, simple y sencillamente se localizaban en las afueras o periferias de las ciudades, en las partes bajas, a orillas de algún cuerpo de agua o en terrenos

que no fueran en su momento de gran valor adquisitivo.

Es relevante resaltar las acciones que se han puesto en marcha para hacer frente a los problemas ambientales; ya que es a partir de 1988 en que se cuenta en el territorio nacional con una legislación en materia ambiental, como lo ha sido la Ley del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, enunciada como LGEEPA y que de ella emanaban reglamentos en materia ambiental y Normas Oficiales Mexicanas conocidas como NOM y que además se cuenta con instancias o secretarías en los tres ámbitos de gobierno para

administrar, aplicar, vigilar, sancionar y de cierta manera satisfacer las demandas en materia de protección ambiental que se manifestasen por grupos u organizaciones no gubernamentales, sectores representativos y, en su caso, por los propios habitantes de una comunidad o región.

Al ponerse en marcha el proceso de descentralización de la gestión ambiental por medio de la Secretaría de Medioambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), fortaleció la gestión ambiental en el ámbito estatal y municipal con la participación de la sociedad civil. La descentralización no constituye un fin en sí misma, sino un medio para alcanzar un desarrollo sustentable que equilibre el crecimiento económico con el imperativo de mantener los recursos comunes ambientales, asegurando que los beneficios y costos se distribuyan equitativamente entre los diferentes grupos sociales y entre las generaciones actuales y futuras. Así es como nace la inquietud de realizar un estudio de impactos en el área destinada como TCA de Cd. Madero, ya que esta obra o actividad ya cuenta con varios años de ejercicio o puesta en marcha y no es una obra nueva, en la cual la LGEEPA y la propia Ley Estatal en Materia Ambiental, solicite la elaboración de un Manifiesto de Impacto Ambiental (MIA), de competencia estatal. Este estudio de impactos reflejará el impacto en los rasgos físicos, biológicos y socioeconómicos en las tres áreas de los TCA que conforman la Zona Metropolitana del Sur de Tamaulipas, integrados por los Municipios de Tampico, Ciudad Madero y Altamira, realizándose el estudio de impactos en el año 2008.

La importancia profesional y ética, en el presente estudio de impactos, para los TCA, es que todos los actores involucrados en la administración municipal en el apartado del Manejo Integral de los Residuos Sólidos Urbanos (MIRSU), no se deslumbren con la técnica y tratamiento como lo puede ser, la creación del nuevo Proyecto Ejecutivo de Relleno Sanitario. Como vías para el futuro, sino más bien, es invitarlos a reflexionar en la oportunidad cívica e histórica que tienen, como parte de ser funcionarios municipales en

atender las demandas de la sociedad de una ciudad más limpia en el presente, sin olvidar el pasado, en donde se vertían, se acumulaban y se destinaban los RSU en los TCA del municipio para la búsqueda de apoyo técnico y económico para el saneamiento y la incorporación de estas áreas en el desarrollo urbano del Municipio.

Siendo el Objetivo Central el de realizar el estudio de Impactos y el Diseño de los factores a considerar por la Técnica Matricial, integrándose los factores del medio natural y social en las áreas destinadas como TCA, en los municipios del sur de Tamaulipas. Así mismo el estudio de Impactos involucro un estudio del paisaje, en el cual se abordaron aproximaciones desde distintas perspectivas o ciencias de referencia, tratando de obtener una visión más completa del mismo; y también, que tal planteamiento no es cosa fácil de aplicar, porque cuando se habla de multidisciplinaridad, en el estudio de un fenómeno, esto supone una colaboración multilateral de diversas disciplinas, lo que no implica en sí mismo una integración entre ellas. De hecho, el objeto de análisis del paisaje en todas las disciplinas, es el mismo, conocer la realidad territorial, en la cual sólo varían el objetivo, el tratamiento y la forma de estudio (Liceras Ruiz, 2003).

2. MATERIALES Y MÉTODOS

La estrategia metodológica empleada en la presente investigación fue realizada bajo seis líneas vectoriales determinadas dentro del área de afectación e influencia del estudio de impacto de los residuos sólidos en las ciudades que conforman la Zona Metropolitana del Sur de Tamaulipas, siendo éstas: Tampico, Cd. Madero y Altamira, principalmente en las áreas destinadas como tiraderos a cielo abierto, involucrando los asentamientos humanos periféricos a los TCA Municipales y es descrita a continuación:

- Acopio y análisis de información bibliográfica del tema de los RSU, sistemas de tratamiento y disposición final de los mismos y en su caso interpretación estadística de medioambiente en el contexto nacional referido al tema de los RSU; así

como la adquisición de fotografías aéreas de la ubicación del TCA Municipal.

- Fotointerpretación referenciada y comparativa de las fotografías del 14 de febrero del año de 1976 y la del 18 de diciembre del año de 1995, ambas a una altura de 10,000 m.s.n.m.
- Realización del estudio de impactos por medio del diseño y aplicación de la técnica matricial, acorde a las actividades identificadas en el vertimiento y disposición final de los residuos.

EF	Efecto
PR	Periodicidad
MC	Recuperabilidad

En nuestro caso, los impactos con valores de importancia inferiores a 25 se considerarán Impactos Compatibles. Los Impactos Moderados presentan una importancia para valores comprendidos entre 25 y 50. Los Impactos Severos serán aquellos con valores entre 50 a 75, Impactos Críticos cuando el valor obtenido sea superior a 75. Así pues, una vez identificados y evaluados los posibles impactos se procedería a la jerarquización de los mismos:

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Diseño de la Matriz Causa-Efecto. La valoración de los impactos se determinará con relación a la importancia del Impacto Ambiental, que es función del grado de alteración producida. Con el fin de objetivar la valoración de Impactos, se van a emplear modelos estandarizados. Así pues, en cada casilla de las matrices de valoración realizadas aparece un número que se deduce del siguiente algoritmo (Conesa, 2003):

$$I = \pm (3I + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC)$$

Dadas las características del ámbito de estudio, notablemente homogéneo, con circunstancias idénticas en cuanto a persistencia en el entorno, se ha elegido la formula anterior, que permite una mayor discriminación en la importancia de las diferentes alteraciones al dar mayor consideración relativa a la intensidad y extensión, específicas para cada efecto, los cuales se presentan en la tabla de Factores y Atributos del algoritmo.

Tabla 1. Factores del Algoritmo

Factor	Atributo
I	Intensidad
EX	Extensión
MO	Momento
PE	Persistencia
RV	Reversibilidad
SI	Sinergia
AC	Acumulación

- ❖ Impacto Ambiental Compatible (**IAC**).- Aquel cuya recuperación es inmediata tras el cese de la actividad.
- ❖ Impacto Ambiental Moderado (**IAM**).- Aquel cuya recuperación no precisa prácticas protectoras o correctoras intensivas, y en el que la consecución de las condiciones ambientales iniciales requiere cierto tiempo.
- ❖ Impacto Ambiental Severo (**IAS**).- Aquel en el que la recuperación de las condiciones del medio exige la adecuación de medidas protectoras o correctoras, y en el que, aún con esas medidas, aquella recuperación precisa un período de tiempo dilatado.
- ❖ Impacto Ambiental Crítico (**IACR**).- Aquel cuya magnitudes superior al umbral aceptable. Con él se produce una perdida permanente de la calidad de las condiciones ambientales, sin posible recuperación, incluso con la adopción de medidas protectoras o correctoras.

La Matriz Causa-Efecto, para el Estudio de Impactos, será de 19 renglones por 12 columnas, las cuales dan un total de 228 posibles interacciones de impactos, los cuales han sido identificados, caracterizados los elementos, características y procesos ambientales susceptibles de ser afectados por las acciones que intervienen en el Destino Final de los RSU; por consiguiente, acorde a la realidad administrativa, técnica y social, que imperan actualmente en los mismos, se han

considerado las siguientes fases y en cada una de ellas, se han clasificado en conceptos de las actividades que intervienen en el destino final de los residuos, con sus respectivas acciones susceptibles de provocar algún tipo de impacto, las cuales en sí representan 19 renglones de la matriz para su análisis y se catalogan de la siguiente manera:

- Fase de Operación:
 - Vertimiento de RSU
 - Esparcimiento de RSU
 - Acumulamiento de RSU
 - Pепенaje
- Fase de Mantenimiento:
 - Interno (dentro del área del tiradero municipal)
 - Externo

➤ Fase de Clausura:
Respecto al análisis considerado para la presente matriz de estudio de impactos, han sido integrados en los rasgos que imperan en las zonas en estudio, los elementos ambientales que pudieran constituir un impacto, los cuales se representaron por medio de 12 columnas, enunciándose a continuación:

- Rasgos Físicos (Rf):
Calidad del aire, topografía, suelo, hidrología superficial y subterránea.
- Rasgos Biológicos (Rb):
Flora y fauna, tanto acuática como terrestre.
- Rasgos Socioeconómicos (Rs):
Uso del suelo, paisaje, población, empleo, entre otros.

3.1 Análisis matricial del estudio de impactos, TCA de Tampico Tamaulipas

Una vez planteada y analizada la ecuación para los diversos impactos ambientales considerados se obtienen lo siguiente:

Impactos Ambientales Compatibles (IAC), se identificaron 32; Impacto Ambiental Moderado (IAM) identificándose 33; Impacto Ambiental Severo (IAS), identificándose 31 y el número de Impactos Ambientales Críticos (IAC), identificados fueron 37.

$$(I A C = 32) = 4 R_f + 1 R_b + 27 R_s$$

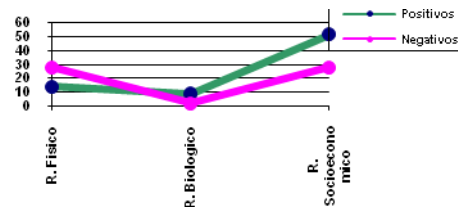
$$(I A M = 33) = 13 R_f + 5 R_b + 15 R_s$$

$$(I A S = 31) = 14 R_f + 3 R_b + 14 R_s$$

$$(I A C R = 37) = 11 R_f + 2 R_b + 24 R_s$$

Por consiguiente el total de impactos ambientales identificados, para cada uno de los Rasgos y su representación porcentual, se detallan a continuación:

- ✓ Rasgos Físicos 42, lo que representa el 32 %
- ✓ Rasgos Biológicos 11, lo que representa el 8 % , y
- ✓ Rasgos Socioeconómicos 80, representando un 60 %



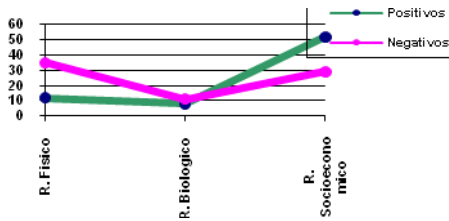
Gráfica 1. Impactos Positivos y Negativos en el TCA de Tampico

3.2 Análisis matricial del estudio de impactos, TCA de Cd. Madero, Tamaulipas

Los Impactos Ambientales Compatibles Identificados fueron 36; Impactos Ambientales Moderados identificándose 40; Impactos Ambientales Severos, identificándose 30 y el número de Impactos Ambientales Críticos, identificados fueron 41.

Por consiguiente el total de Impactos Ambientales Identificados, para cada uno de los Rasgos y su representación porcentual, se detallan a continuación.

- ✓ Rasgos Físicos 47, lo que representa el 32%
- ✓ Rasgos Biológicos 19, lo que representa el 13 %
- ✓ Rasgos Socioeconómicos 81, representando un 55 %

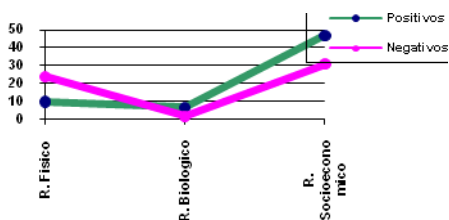


Gráfica 2. Impactos Positivos y Negativos en el TCA de Cd. Madero.

3.3 Análisis matricial del estudio de impactos, TCA de Cd. Altamira Tamaulipas

Impactos Ambientales Compatible (IAC), se Identificaron 40; Impacto Ambiental Moderado (IAM) identificándose 43; Impacto Ambiental Severo, identificándose 18 y el número de Impactos Ambientales Críticos (IACR), identificados fueron 20. Por consiguiente el total de Impactos Ambientales Identificados, para cada uno de los Rasgos y su representación porcentual, se detallan a continuación.

- ✓ Rasgos Físicos 34, lo que representa el 28 %
- ✓ Rasgos Biológicos 9, lo que representa el 7 %
- ✓ Rasgos Socioeconómicos 78, representando un 65 %



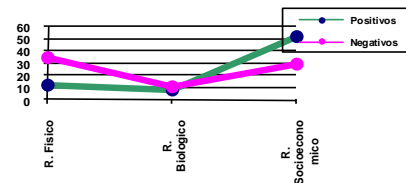
Gráfica 3. Impactos Positivos y Negativos en el TCA de Cd. Altamira.

Acorde a los datos obtenidos por medio de la información bibliográfica, a los estudios y análisis realizados en campo así como a los resultados obtenidos mediante el diseño de las Matrices Causa Efecto, donde se analizaron los rasgos físicos, biológicos y socioeconómicos presentes en cada TCA de los municipios que conforman el área metropolitana del sur de

Tamaulipas, así como al apoyo valioso como instrumento para la interpretación del paisaje, el crecimiento y desarrollo de los asentamientos humanos por medio de la fotointerpretación de fotografías aéreas, se obtuvo lo siguiente, interpretándose de la siguiente manera:

El TCA con mayor extensión territorial es el de Tampico con 32.5 has, seguido por el de Cd. Madero con 10 has y el de Altamira con 5 has. Esto debido a que es el municipio de Tampico el que presenta mayor población, de los tres municipios así como una mayor generación de residuos por habitantes.

Acorde a la Matriz de impactos el TCA que presentó menos cantidad de impactos, fue el municipio de Altamira con 121 impactos, seguido del TCA de Tampico con 133 Impactos, mientras que el de Cd. Madero presentó 147 Impactos; esto como resultado de que el TCA de Altamira, se generó en una área ya afectada por la extracción de arenas, como banco de material y no se encuentra colindante o interrelacionado, el predio, con algún cuerpo de agua.



Vertimiento	= 29 (I.A.)	= 12 (IAM) + 7 (IAS) + 10 (IACR)
Esparcimiento	= 24 (I.A.)	= 11 (IAM) + 5 (IAS) + 8 (IACR)
Acumulamiento	= 15 (I.A.)	= 3 (IAC) + 2 (IAM) + 4 (IAS) + 6 (IACR)
Pepeñaje	= 15 (I.A.)	= 9 (IAC) + 2 (IAM) + 3 (IAS) + 1 (IACR)
Interno	= 22 (I.A.)	= 16 (IAC) + 3 (IAM) + 3 (IAS)
Externo	= 8 (I.A.)	= 3 (IAC) + 3 (IAS) + 2 (IACR)
O. Complementarias	= 34 (I.A.)	= 5 (IAC) + 10 (IAM) + 5 (IAS) + 14 (IACR)

$$\begin{aligned} (IAC = 36) &= 8 Rf + 2 Rb + 26 Rs \\ (IAM = 40) &= 13 Rf + 8 Rb + 19 Rs \\ (IAS = 30) &= 11Rf + 7 Rb + 12 Rs \\ (IACR = 41) &= 15Rf + 2 Rb + 24 Rs \end{aligned}$$

Gráfica 4. Resultados matriciales del estudio de Impactos.

4. CONCLUSIONES

De los TCA, de los municipios del sur de Tamaulipas, el que está causando efectos negativos en el entorno, principalmente en los rasgos físicos y específicamente en la

hidrología superficial y subterránea es el de Cd. Madero, dado que en el vertido y esparcimiento de los Residuos, se está “rellenando” a los cuerpos de agua del eje de lagunas sur – norte paralelo a la línea de costa. Así mismo, el rasgo socioeconómico es de vital importancia dado la cantidad de pepenadores que realizan sus actividades de separación y acopio de materiales productos de los residuos.

La afectación del TCA de Tampico es moderada al medio natural dado que es el único de los tiraderos que en los últimos seis años se han empezado a ser movimientos de tierras para cubrir los residuos, más dado su ubicación y colindancia con el sistema lagunario, acrecentan su impacto en los rasgos físicos y biológicos.

Así mismo, se recomiendan las siguientes acciones acorde a la corresponsabilidad sectorial de la Gestión Ambiental, a fin de involucrar a todos los actores – sectores para que asuman su compromiso y responsabilidad, para controlar y restaurar la calidad ambiental en las áreas destinadas como tiraderos a cielo abierto de residuos sólidos urbanos, siendo éstas:

- Realizar un Estudio de Impactos en la superficie destinada como TCA municipal y su área de influencia respecto a los asentamientos humanos periféricos que pudieran existir. (*Autoridad*)
- Diagnosticar la situación medioambiental y de salud pública a la que están expuestos los habitantes de las zonas periféricas a los TCA municipales. (*Autoridad*)
- Mantenimiento, limpieza y en la medida de lo posible evitar el almacenamiento permanente en el acopio de RS en los lotes de los habitantes cuyos asentamientos sean circundantes a los TCA municipales. (*Habitantes*)
- Gestionar los recursos económicos y la administración efectiva en programas de saneamiento básico y de bio - remediación en su caso para la regeneración y

reincorporación de las áreas destinadas como TCA municipal, (*Autoridad*)

- Realizar una convocatoria municipal para toma de decisiones y acuerdos estratégicos en la planeación, programación y puesta en marcha de programas de mejoramiento ambiental y reincorporación de áreas al uso urbano en beneficio de los habitantes del municipio. (*Autoridad - Habitantes*)
- Campañas de educación y de cultura ambiental respecto a los problemas de contaminación por los RSU, en donde se involucre la verdadera participación de todos los sectores, acatando sus compromisos y responsabilidades para cada acción. (*Autoridad - Habitantes*)

5. LITERATURA CITADA

- Bautista Parejo, C. 1998. Residuos Guía Técnico-Jurídica. Ed. Mundi-Prensa. Madrid.
- Bolea, M.T.E. 1980. Las evaluaciones de impacto ambiental. Ed. Cuadernos del Centro Internacional de Formación en Ciencias Ambientales. Madrid.
- Conesa Fdez, Vítora V. 2003. Guía Metodológica para la Evaluación Del Impacto Ambiental. Ed. Mundi-Prensa. Bilbao.
- Chuvieco Salinero, E. 2002. Teledetección Ambiental. Ed. Ariel, S.A. Barcelona.
- Esteban Bolea, M. T. 1989. Evaluación del Impacto Ambiental. Ed. Mapfre, S.A. Madrid.
- Fernández García, F. 2000. Introducción a la fotointerpretación, Ed. Ariel, S.A. España.
- Garza Flores R. 2005. Los Residuos Sólidos Municipales y su Impacto: Zona Conurbada de Tampico, Madero y Altamira, Tamaulipas México. Universidad de Sevilla, España
- Herráez, I., López, J., y otros. 1989. Residuos urbanos y medio ambiente, Ed. La Universidad Autónoma de Madrid. Madrid.

- Hontoria Garcia, E. Y Zamorano Toro, M. 2000. Fundamentos del manejo de los residuos urbanos. Ed. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. España.
- INEGI–Semarnap. 1997. Estadísticas del Medio Ambiente México: Informe de la Situación General en Materia de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, 1995 – 1996 . Ed. INEGI. México.
- Liceras Ruiz, A. 2003. Observar e Interpretar el Paisaje. Ed. Grupo Editorial Universitario. Madrid.
- Olmeda, C. 1992. Las evaluaciones de impacto ambiental. Ed. Servicio Central de Publicaciones del Gobierno Vasco.
- Oñate J. J. 2002. Evaluación Ambiental Estratégica, Ed. Mundi –Prensa. Madrid.
- Tyler Miller, Jr. G. 1994. Ecología y medio ambiente, Grupo Ed. Ibero América S. A. de C.V. México.
- Valdés Doménech, F. 1997. Prácticas de Topografía, Cartografía y Fotografía Aérea. Ed. CEAC, S.A. Barcelona.

NEMATHELMINTOS PARÁSITOS DE LA CHIHUA, *Eugerres plumieri* CUVIER, 1830 (Perciformes, Gerreidae), EN LA BAHÍA DE CHETUMAL, QUINTANA ROO, MÉXICO

L. D. Sánchez-Ceballos¹, D. González-Solís² & H. Ortiz-León¹

¹ Instituto Tecnológico de Chetumal. Av. Insurgentes no. 330, C.P. 77013, col. David Gustavo Gtz. Chetumal, Quintana Roo. ldsanchezc@hotmail.com y oilh1@hotmail.com; ² El Colegio de la Frontera Sur, Unidad Chetumal. Av. Centenario km. 5.5, Chetumal, Quintana Roo 77900, México. dgonzale@ecosur.mx

RESUMEN: El presente trabajo muestra la fauna de nematelmintos parásitos de la “chihua” (*Eugerres plumieri*) en la Bahía de Chetumal, Quintana Roo, México. Un total de 58 ejemplares fueron colectados entre agosto y diciembre 2009, a los cuales se les realizó un estudio parasitológico. Los resultados mostraron la presencia de un total de 7 especies, 5 Nematoda (1 adulto y 4 larvas): *Cucullanus* sp., *Contraecum* sp. tipo 2, *Hysterothylacium* sp., *Pseudoterranova* sp. y *Spirocerca* sp.; y 2 Acanthocephala (1 adulto y 1 larva): *Dollfusentis chandleri* y *Gorgorhynchoides bullocki*. Las larvas de *Pseudoterranova* sp. y *Gorgorhynchoides bullocki* fueron las más prevalentes (79.31 y 43.10 individuos) y abundantes (26.45 y 12.57 individuos); las dos especies estuvieron presentes en los 3 puntos de muestreos. El mayor porcentaje de las especies de nematelmintos fue autogénico (71%) y generalistas (86%). El presente estudio es uno de los primeros en su tipo, realizados a la fauna de nematelmintos de *E. plumieri* en la Bahía de Chetumal.

PALABRAS CLAVE: *Eugerres plumieri*, Acanthocephala, Chetumal, Nematoda.

ABSTRACT: This paper shows the parasitic nematelmintes fauna of wild populations of the striped mojarra (*Eugerres plumier*) in Chetumal Bay, Quintana Roo, México. 58 specimens were collected from August to December 2009, a parasitological study was made. The results reported a total of 7 species, 5 Nematoda (1 adult and 4 larvae): *Cucullanus* sp., *Contraecum* sp. type 2, *Hysterothylacium* sp., *Pseudoterranova* sp. y *Spirocerca* sp.; and 2 Acanthocephala (1 adult y 1 larvae): *Dollfusentis chandleri* y *Gorgorhynchoides bullocki*. Larvae of *Pseudoterranova* sp. and *Gorgorhynchoides bullocki* were the most prevalent (79.31 and 43.10) and abundant (26.45 and 12.57); the two species were present in the 3 sampling points. The highest percentages of nematelmintes were autogenic (71%) and generalists (86%). This study is one of the first ones in its type carried out to the fauna of nematelmintes of *E. plumieri* in Chetumal Bay.

KEY WORDS: *Eugerres plumieri*, Acanthocephala, Chetumal, Nematoda.

1.- INTRODUCCIÓN

La “chihua” o “mojarra rayada”, *Eugerres plumieri* Cuvier, 1830 (Fig. 1) es un gerreido de importancia ecológica en el medio lagunar-estuarino, debido a que presenta un elevado número de organismos a lo largo de todo el año, lo que lo convierte en un elemento importante de las cadenas tróficas (Aguirre-León y Yáñez-Arancibia, 1984, Schmitter-Soto, 1998). En algunas partes de México, como el sur de Quintana Roo, se presenta como un importante recurso pesquero, el cual es utilizado para autoconsumo y venta a menor escala (mercados municipales) (Medina-Quej *et al.*, 2009; Sánchez-Ceballos, 2010). Como

muchas otras especies silvestres, estos peces están expuestos a ser parasitados y a participar dentro del ciclo de vida de los mismos. Dos de los grupos con alta presencia y relevancia, son los Nematoda y Acanthocephala.

La presencia de estos parásitos puede producir una elevada mortalidad a las poblaciones de peces, o bien, causar un desagradable aspecto a causa de las lesiones, provocando una grave pérdida del valor comercial y sanitario, con repercusiones en la economía de una región. De igual manera, la posibilidad de infección humana por especies de parásitos con potencial zoonótico se ve favorecida o aumenta

cuando los estadios larvales del parásito (alojado en el pez), son ingeridos al consumir éstos sin cocinar de forma adecuada (Aragort, 2006).

A pesar de la indudable importancia que tienen los nematelmintos parásitos, la información existente es escasa. Es por ello que es primordial este tipo de estudio en la zona sur de Quintana Roo, donde la correcta identificación de los parásitos, así como el establecer los parámetros de infección (prevalencia y abundancia), nos ayudará a generar las bases sobre la situación actual de su presencia y distribución. En el presente trabajo se identifican, describen y se establecen los parámetros de infección de la fauna parasitaria (nematelmintos) de la chihua de la Bahía de Chetumal, Quintana Roo.



Figura 1. La chihua, *Eugerres plumieri*, capturada por medio de atarrayas en la Bahía de Chetumal.

2.- MATERIALES Y MÉTODOS

Los especímenes fueron capturados por medio del uso de atarrayas, de agosto a diciembre 2009 en 3 puntos de la Bahía de Chetumal (Tabla 1). Posteriormente, fueron trasladados al Laboratorio de Zoología del Instituto Tecnológico de Chetumal para su estudio ictioparasitológico.

Coordenadas geográficas	Fecha de colecta	N
18°29'28.51"N 88°18'20.10"O	13 /Agosto/2009	13
18°36'53.33"N 88°13'10.47"O	27/Octubre/2009	29

18°41'27.24"N 88°15'44.13"O	08/Diciembre/2009	16
--------------------------------	-------------------	----

Tabla 1. Coordenadas de los puntos donde se colectaron los peces (n: Número de ejemplares).

El examen parasitológico incluyó la revisión externa e interna de los organismos. El examen externo comprendió la revisión de los tejidos y órganos conectados con el ambiente externo (piel, escamas, ojos, etc.). Para el examen interno, se hizo una incisión en la parte ventral del pez, a fin de dejar al descubierto las vísceras. El tracto digestivo y demás órganos, se disectaron y revisaron siguiendo las técnicas establecidas por Vidal-Martínez *et al.* (2002). Todos los nematelmintos fueron colectados, contados y se anotó su posición en el hospedero, así como su estado de desarrollo y madurez. La fijación y preservación de cada especie de nematelminto se hizo siguiendo las técnicas helmintológicas convencionales (Vidal *et al.*, 2002). La identificación taxonómica a nivel de especie se basó en las características de las formas adultas; mientras que aquellas que se recolectaron en estado larval, fueron identificadas hasta nivel de familia o género. Las medidas fueron hechas con ayuda de un ocular calibrado y están expresadas en mm. Los dibujos fueron hechos con ayuda de una cámara clara (autor Luis D. Sánchez Ceballos). El material biológico se depositó en la Colección de Parásitos de El Colegio de la Frontera Sur, Unidad Chetumal. Los parámetros de infección: prevalencia (número de peces parasitados por una especie de parásito, dividido entre el número de peces revisados de la muestra y multiplicado por 100), intensidad media (número promedio de parásitos de una especie entre el número total de hospederos infectados con esa especie) y abundancia media (número de parásitos de una especie, dividido entre el número total de peces examinados en la muestra), fueron usados de acuerdo a lo propuesto por Bush *et al.* (1997). Para las especies autogénicas (organismos cuyo ciclo de vida se lleva a cabo totalmente en sistemas acuáticos y que particularmente utilizan a peces como hospederos definitivos) y alogénicas (organismos que pasan al menos una etapa de su ciclo de vida fuera del medio acuático, al madurar en vertebrados o mamíferos terrestres) se utilizaron los

conceptos propuestos por Esch *et al.* (1988). Se consideraron como especialistas a las especies que sólo parasitan una familia, género, o especie conocida de hospederos; y como generalistas a las que tienen la capacidad de infectar a más de una familia, género o especie de hospederos (Rohde, 2005). Para clasificar las especies como comunes o raras, se tomaron los rangos propuestos por Violante-González *et al.* (2008).

3.- RESULTADOS

Un total de 58 chihuas (Longitud total 149-243 mm, media 181 mm; altura 53-86 mm, media 72 mm; peso 48.0-210.5 g, media 92.1 g). Fueron colectados en 3 localidades de la Bahía de Chetumal.

La revisión parasitológica de estos ejemplares mostró la presencia de 2777 individuos, pertenecientes a 7 especies de nematelmintos, 5 Nematoda: 1 adulto (*Cucullanus* sp.) 4 larvas (*Contraecum* sp. tipo 2, *Hysterothylacium* sp., *Pseudoterranova* sp. y *Spirocerca* sp.); y 2 Acanthocephala: 1 adulto (*Dollfusentis chandleri*) y 1 larva (*Gorgorhynchoides bullocki*). De las 7 especies, 5 fueron estadios larvales y parasitaron principalmente el mesenterio, hígado, riñón y cavidad abdominal; las 2 especies restantes fueron formas adultas que se localizaron en el intestino. Cinco especies se clasificaron como autógenas, y el resto alogénicas (Tabla 2). A continuación se describen las características morfológicas de las siete especies:

3.1. PHYLUM NEMATODA

3.1.1. *Contraecum* sp. tipo 2 Moravec, Kohn y Fernandes, 1993. Nemátodos grandes, mayores a 10 mm de largo, de color café y/o rosado claro y con la cutícula estriada transversalmente (Fig. 2). La estriación se hace más notable en los extremos del cuerpo. Extremo cefálico ligeramente redondeado, con un diente larval ventral pequeño. Anillo nervioso situado en el primer tercio del esófago. Papilas cervicales a la mitad de la longitud del esófago. Poro excretor localizado en la base del diente larval. Ventrículo pequeño y redondo. Apéndice ventricular relativamente corto, dirigido posteriormente. Ciego intestinal largo, extendiéndose anteriormente hasta la

mitad de la longitud entre el anillo nervioso y las papilas cervicales. Tres glándulas rectales unicelulares rodeando al recto. Cola corta y cónica (Fig. 2.A).

Biología: Las larvas de *Contraecum* parasitan, tanto a mamíferos marinos como a aves ictiófagas (Anderson, 2000). Aunque se han descrito varias especies adultas, la más importante en el hemisferio norte es *C. osculatum* (Rudolphi, 1802) hallada en pinnípedo (Rello *et al.*, 2004). Los peces actúan como hospederos de transporte (Moravec *et al.*, 1995). Vidal-Martínez *et al.* (1994), utilizando este tipo de larvas, pudieron obtener la forma adulta de *C. multipapillatum*, por medio de infecciones experimentales con gatos.

Comentarios: La larva, *Contraecum* sp. tipo 2, puede pertenecer al grupo morfológico de especies representadas por *C. microcephalum* (Rudolphi, 1819), *C. multipapillatum* (Drasche, 1882), *C. micropapillatum* (Stossich, 1890), *C. caballeroi* (Bravo-Hollis, 1939), *C. plagiaticum* (Lent et Freitas, 1948), entre otras, que parasitan a aves ictiófagas (Vidal *et al.*, 2002).

3.1.2. *Hysterothylacium* sp. Ward y Magath, 1916. Nemátodos pequeños, de menos de 3 mm de largo, semitransparentes, blanquecinos y con cutícula finamente estriada transversalmente. Extremo anterior casi redondeado, provisto con tres labios poco desarrollados que rodean a la abertura oral (Fig. 3). Esófago muscular cilíndrico, alargado. Anillo nervioso situado a la mitad de la longitud del esófago. Poro excretor ligeramente posterior al nivel del anillo nervioso. Ventrículo pequeño y esférico. Apéndice ventricular muy largo, dirigido posteriormente. Ciego intestinal corto, extendiéndose anteriormente, sobrepasando ligeramente la longitud del ventrículo. Recto hialino, con tres glándulas rectales unicelulares bien desarrolladas. Cola cónica, terminada en punta con un mucrón (Fig. 3.A).

Biología: El género *Hysterothylacium* comprende cerca de 60 especies que parasitan principalmente a peces marinos, estuarinos y de agua dulce (Bruce *et al.*, 1994 & Moravec *et al.*, 1997). El ciclo de vida de varias especies es todavía desconocido. Las larvas han sido registradas en una amplia variedad de peces

marinos e invertebrados (gasterópodos, mísidos, copépodos, isópodos y poliquetos) que sirven como hospederos intermediarios (Vidal *et al.*, 2002). El conocimiento acerca de su transmisión es todavía muy escaso (Anderson, 2000).

Comentarios: Se ha demostrado que las larvas *Hysterothylacium* están parasitando peces marinos de la Bahía de Chetumal, pudiendo pertenecer al grupo morfológico de especies representadas por *H. reliquens* (Norris et Overstreet, 1975), *H. pelagicum* (Stossich, 1904) y *H. fortalezae* (Klan, 1973). Dicho especie obtienen la madurez sexual en el tracto digestivo de peces teleósteos o en mamíferos marinos (Deardorff *et al.*, 1982 & Berland, 1989).

3.1.3. *Pseudoterranova* sp. *Mozgovoi*, 1951.

Nemátodos de talla media, mayores a 3 mm de largo. Cutícula finamente estriada transversalmente (Fig.4). Extremo anterior redondeado, con un diente larval cuticular ventral. Tres labios poco desarrollados. Poro excretor situado en la base del diente larval. Anillo nervioso en el extremo anterior del esófago. Esófago cilíndrico, largo, provisto en su extremo posterior con un ventrículo alargado. Apéndice ventricular ausente. Ciego intestinal largo, dirigido anteriormente, sobrepasando la longitud del ventrículo. Glándulas rectales rodeando al recto. Cola cónica, con punta redondeada (Fig. 4.A).

Biología: Los hospederos definitivos de esta especie son mamíferos marinos que adquieren al nemátodo al alimentarse de peces infectados (Anderson, 2000). Varias especies de invertebrados marinos, principalmente crustáceos, sirven como primer hospedero intermediario; los segundos hospederos intermediarios son peces, en los cuales las larvas alcanzan su estado infectivo (Moravec, 1994).

Comentarios: El género *Pseudoterranova* está representado por la especie *P. decipiens* (Krabbe, 1878), anteriormente conocida como *Phocanema (Terranova) decipiens* (Rello *et al.*, 2004). Las especies adultas reportadas generalmente pertenecen a la especie *P. decipiens*, siendo un organismo cosmopolita (Berland, 1989).

3.1.4. *Spirocerca* sp. *Rudolphi*, 1809.

Nemátodos pequeños, de menos de 3 mm de largo. Blanquecinos o semitransparentes, con cutícula finamente estriada (Fig. 5). Extremo anterior un poco estrecho, presentando dos proyecciones cefálicas cónicas. Vestíbulo corto. Papilas cervicales muy pequeñas, al nivel del extremo anterior del esófago muscular. Anillo nervioso en el primer tercio del esófago. Poro excretor ligeramente posterior al anillo nervioso. Esófago dividido en muscular y glandular. Cola cónica, con una pequeña corona de 8-10 diminutos mucrones en forma de papila (Fig. 5.A).

Biología: La presencia de esta larva es considerada accidental. Los peces adquieren la infección al ingerir insectos de la superficie del agua, ya que estos funcionan como hospederos intermediarios (Anderson, 2000). Los lagartos sirven como hospederos paraténicos, mientras que varios organismos carnívoros, tales como perros y zorros, actúan como hospederos definitivos (González, 2001).

Comentarios: *Spirocerca* sp. es semejante a la larva reportada por Tuz-Paredes (2008) para *L. griseus*, por lo que se infiere que podría tratarse de la larva L₃ de *S. lupi* (Rudolphi, 1809). Cabe mencionar que los nemátodos anteriores se encontraban en estado larval, por lo que se decidió omitir las biometrías de las mismas. Se lograron identificar hasta nivel de género, ya que son necesarias las características de los adultos para hacer una identificación más específica.

3.1.5. *Cucullanus* sp. *Mueller*, 1777. *Macho*:

Nemátodos de talla media, blanquecinos con cutícula estriada poco visible (Basadas en 6 ejemplares). Cuerpo 2.70-3.87 (3.10) de largo con 0.14-0.19 (0.16) de ancho. Extremo anterior redondeado. Cápsula pseudobucal aplanada lateralmente (Fig. 6). Ocho papilas cefálicas en el círculo externo y seis papilas pequeñas en el círculo interno, muy cercanas a la abertura oral. Un par de anfidios laterales presentes. Abertura oral situada transversalmente, rodeada por un margen cuticular armado en su base con una hilera de numerosos dientes pequeños. Anillo nervioso rodeando al esófago en el segundo tercio de su longitud. Distancia del anillo nervioso al extremo anterior 0.12-0.17 (0.147). Poro

excretor posterior a la unión esófago-intestinal. Distancia del poro excretor al extremo anterior 0.23-0.44 (0.317). Papilas cervicales en forma de espina, situadas cerca del extremo posterior del esófago. Distancia de las papilas cervicales al extremo anterior 0.23-0.36 (0.26). Esófago no dividido y expandido en ambos extremos con una longitud de 0.26-0.31 (0.286). Ventosa precloacal sin borde esclerotizado. Espículas relativamente iguales, la derecha con un largo de 0.36-0.56 (0.416) y la izquierda con 0.38-0.58 (0.423). Gubernáculo presente, 0.030-0.048 (0.038) de largo. Tres pares de papilas preanales subventrales, una anterior a la ventosa precloacal (Fig. 6.A). Cuatro pares de papilas adanales (tres subventrales y una lateral) (Fig. 6.A). Tres pares de papilas postanales, dos subventrales, una dorsal y un par de fasmidios laterales en forma de papila (Fig. 6.A). **Hembras:** De mayor longitud que los machos, cerca del doble de tamaño. Con vulva postecuatorial, vagina muscular y dirigida anteriormente. Por no contar con la totalidad del material bibliográfico referido a muchas de las especies, los ejemplares investigados fueron ubicados sólo hasta género.

Biología: El género *Cucullanus* cuenta con un gran número de especies que parasitan una gran variedad de peces, tanto de agua dulce, salobre y marinos a nivel mundial (Caspeta *et al.*, 1999). Este género rara vez parasita otros vertebrados como anfibios y tortugas (Joong & Moravec, 2008).

Comentarios: En el continente Americano, la mayoría de las especies de *Cucullanus* se han registrado en peces marinos; mientras que en peces dulceacuícolas sólo se han registrado 11 especies. De estas últimas, una gran proporción se localizan en Sudamérica, principalmente en el Río Amazonas de Brasil (Pérez *et al.*, 1996).

3.2. PHYLUM ACANTHOCEPHALA

3.2.1. *Gorgorhynchoides bullocki* Cable y Mafarachisi, 1970. Cuerpo corto, 2.78-3.09 (2.65) de largo, con un ancho de 0.49-0.52 (0.44) (Basadas en 5 ejemplares). El tronco mide 1.96-2.24 (2.00) de largo, es ensanchado en su parte anterior su grosor disminuye, siendo puntiagudo en su región posterior. Proboscis voluminosa, 0.48-0.52 (0.41) de largo, claviforme, en su región apical es

esferoidal y casi cilíndrica en la parte basal (Fig. 7). Está armada con 24 hileras longitudinales, cada una con 14 a 17 ganchos. Los ganchos apicales son largos y delgados (Fig. 7.A), 0.054-0.060 de largo, los subapicales (Fig. 7.B) 0.043-0.052 y los basales (Fig. 7.C) 0.044-0.057 de largo. Receptáculo de la proboscis 0.97-1.04 (1.02) de largo. El cuello es corto y grueso, bien desarrollado, 0.30-0.33 (0.26) de largo, diferenciándose de la proboscis y el tronco. La pared del tronco presenta numerosas y profundas hendiduras. Primordios testiculares u ováricos, esféricos y asimétricos. Vesícula seminal larga y bien diferenciada.

Biología: Las formas adultas de *G. bullocki* han sido descritas para peces marinos (*Caranx latus* y *Caranx hippos*) (Salgado-Maldonado, 1979). Esto nos hace suponer que la fase larval, como en todo acantocéfalo, pasa por un artrópodo como hospedero inicial y la siguiente fase en otro pez de menor tamaño (Vidal *et al.*, 2002).

Comentarios: Para el estado de Quintana Roo, se han descrito las formas juveniles de *Gorgorhynchoides bullocki* en peces, tanto marinos como estuarinos (*Lutjanus griseus*, *Gerres cinereus*, *Eugerres plumieri*, *Haemulon plumierii* y *H. sciurus*) (Salgado, 1979; González, 2005 & Reyes, 2009).

3.2.2. *Dollfusentis chandleri* Golvan, 1969.

Macho: Cuerpo delgado y alargado, 4.52-5.85 (4.68) de largo y 0.24-0.39 (0.29) de ancho, adelgazándose paulatinamente hacia el extremo posterior (Basadas en 6 ejemplares). Proboscis alargada, 0.54-0.72 (0.64) de largo, delgada y cilíndrica; considerablemente más delgada que el tronco (Fig. 8). Armada con 12 hileras longitudinales en espiral, cada una con 7 a 12 ganchos. Ganchos apicales delgados y ligeramente curvos, 0.039-0.043 de longitud (Fig. 8.A). Ganchos de la región media o subapicales 0.037-0.042 de longitud, ligeramente más pequeños que los apicales (Fig. 8.B); ganchos basales de mayor tamaño que los anteriores, 0.048-0.058 de largo (Fig. 8.C). En la base de la proboscis se encuentran 8 ganchos ventrales, largos, gruesos y un poco curvados, distribuidos en forma de media luna. Cuello 0.59-0.64 (0.61) de largo. Tronco armado en su primer tercio con numerosas

espinas, 4.53-5.95 (5.24) de largo. Receptáculo de la proboscis largo, 0.91-1.15 (1.02). Un par de testículos semiesféricas, uno tras otro y en contacto, el anterior 0.20-0.22 (0.21) de largo por 0.16-0.23 (0.19) de ancho, el posterior 0.20-0.24 (0.22) por 0.15-0.20 (0.17). De la parte basal de cada testículo sale un grueso espermaducto. Posterior a los testículos se ubica las glándulas de cemento, seguido de un pene claviforme. **Hembra:** Cuerpo ligeramente más largo que del macho, proboscis de igual forma. Esferas ováricas semiesféricas. Huevos (fecundados) ovoides, distribuidos en más del 80% del tronco del cuerpo.

Biología: Los adultos de la especie *D. chandleri* se han reportado en muchos peces marinos (Amin, 1998). Se ha demostrado que en el ciclo biológico intervienen anfípodos de la familia Gammaridae como hospederos intermediarios (Heard, 1982). Para Norteamérica, los anfípodos *Lepidactylus* sp., *Grandidierella bonnieroides* y *Corophium lacustre* han sido registrados como hospederos de estos parásitos (Buckner *et al.*, 1978).

Comentarios: Con relativa frecuencia, los peces del Atlántico se encuentran parasitados por el género *Dollfusentis*. En el caso de las mojarra (Gerreidae) de la zona del Golfo de México y las costas del Mar Caribe, estas

parasitosis casi siempre están presentes (Salgado, 1976).

3.3. Características y parámetros poblacionales de los nematelmintos parásitos. Los valores de infección para los parásitos encontrados en la chihua son presentados en la Tabla 2. Podemos notar que las larvas de *G. bullocki* y *Pseudoterranova* sp. fueron las más prevalentes con 79.31 y 43.10, siendo también las más abundantes con los valores 26.45 y 12.57, respectivamente. *Contracaecum* sp. tipo 2 presentó la mayor intensidad con 96.33.

Cinco de estas especies se clasificaron como autogénicas, y como alogénicas dos nemátodos (*Contracaecum* sp. tipo 2 y *Spirocerc* sp.), que anteriormente habían sido reportadas en diferentes especies de peces que habitan en cuerpos de agua totalmente marinos o salobres. El nemátodo *Cucullanus* sp. fue clasificado como especialista, y las seis especies restantes generalistas. La prevalencia de cada especie de parásito (considerando todos los muestreos), permitió separarlos: especies comunes (prevalencia > 20%) integrado por *G. bullocki* y *Pseudoterranova* sp. y especies raras (prevalencia < 20%) integrada por cinco especies restantes.

Tabla 2. Lista taxonómica de los nematelmintos parásitos encontrados en la chihua, *Eugerres plumieri*, (n= 58) en la Bahía de Chetumal, Quintana Roo con parámetros de infección, hábitat, estatus y número de catálogo de ECOSUR (Colegio de la Frontera Sur, Unidad Chetumal). AL= Alogénica, AU= Autogénica, Ca= Cavidad abdominal, E= Especialista, Es= Estómago, Hi= Hígado, G=Generalista, In= Intestino, Me= Mesenterios, no= Número, Ri= Riñón.

Especie	Hábitat	Estatus	Peces Infestados	Individuos (No.)	Prevalencia (%)	Abundancia media	Intensidad media	No. Catálogo:
NEMATODA								
Adultos								
<i>Cucullanus</i> sp.	In	E/AU	1	66	1.72	1.14	66.00	ECOPA-088
Larvas								
<i>Contracaecum</i> sp. tipo 2	Me, Ca	G/AL	3	289	5.17	4.98	96.33	ECOPA-077
<i>Hysterothylacium</i> sp.	Me	G/AU	2	19	3.45	0.33	9.50	ECOPA-086
<i>Pseudoterranova</i> sp.	Me, Ca, Ri, Hi	G/AU	25	729	43.10	12.57	29.16	ECOPA-075
<i>Spirocerc</i> sp.	Me	G/AL	1	2	1.72	0.03	2.00	ECOPA-079
ACANTHOCEPHALA								
Adulto								
<i>Dollfusentis chandleri</i>	In, Es	G/AU	8	138	13.79	2.38	17.25	ECOPA-085
Larva								
<i>Gorgorhynchoides bullocki</i>	Me, ca	G/AU	46	1534	79.31	26.45	33.35	ECOPA-078

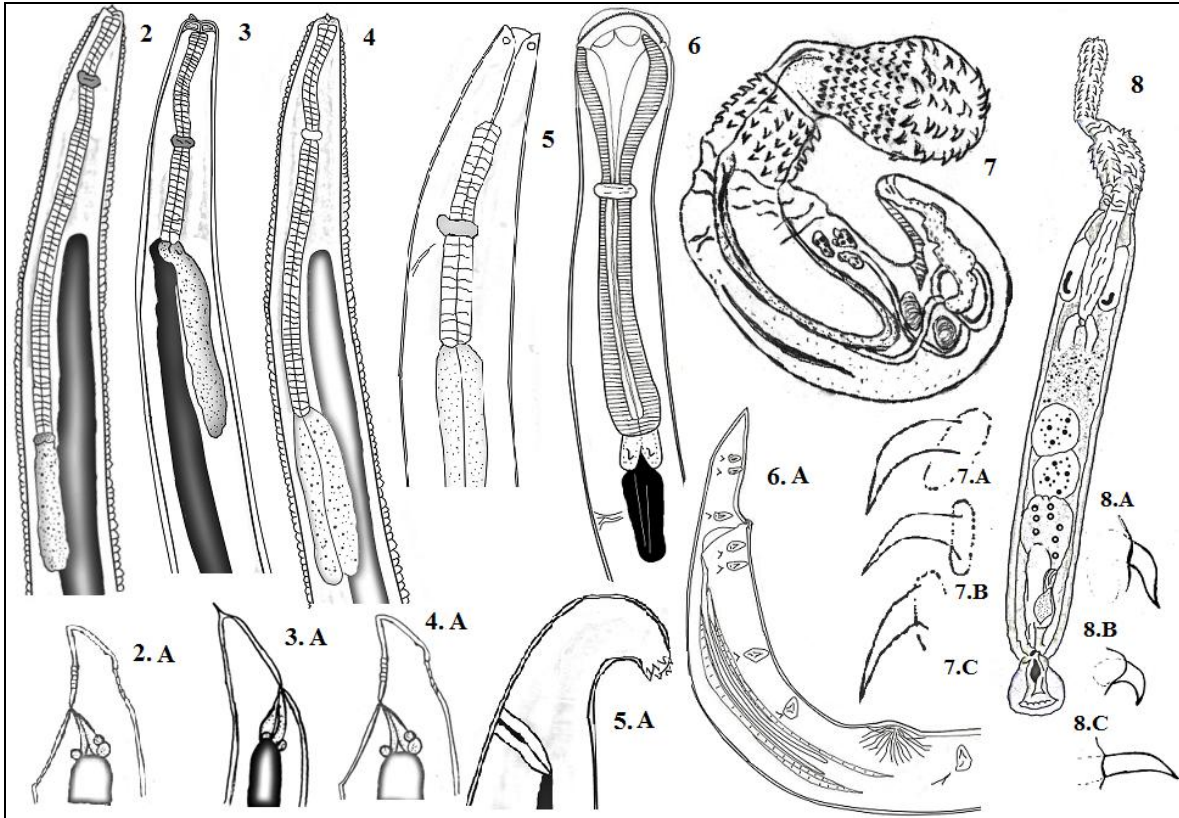


Figura 2. *Contracaecum* sp. tipo 2. Región cefálica: A, Cola; **Figura 3.** *Hysterothylacium* sp. tipo MD. Región anterior del cuerpo, vista lateral: A, Cola. **Figura 4;** *Pseudoterranova* sp. Región anterior del cuerpo: A, Cola. **Figura 5;** *Spirocerca* sp. Región anterior del cuerpo, vista lateral: A, Cola con mucrones en la punta; **Figura 6.** *Cucullanus* sp. (Macho) Región anterior del cuerpo, vista lateral: A, Región posterior del macho. **Figura 7.** *Gorgorhynchoides bullocki*. Cuerpo completo: A, Gancho apical; B, Gancho subapical; C, Gancho basal. **Figura 8.** *Dollfusentis chandleri*. Cuerpo completo: A, Gancho apical; B, Gancho subapical; C, Gancho basal.

4.- DISCUSIÓN

Los estudios parasitológicos de los peces en Quintana Roo, es un área de investigación poco explotada. La mayoría de los estudios sólo reportaban registros aislados o con un número reducido de muestras. Un estudio previo realizado para la chihua (*E. plumieri*) en Bahía de Chetumal (Aguirre *et al.*, 2002) reporta cinco especies de nematelmintos (Acuariidae gen. sp., *Contracaecum* sp., *Pseudoterranova* sp., *Spirocerca* sp. y *Dollfusentis chandleri*), de los cuales cuatro se reportan en el presente estudio. Sin embargo, al compararlo con otras comunidades de diferentes especies de peces de la Bahía de Chetumal, se reportan números similares y mayores en cuanto a la riqueza de especies

encontradas en comparación con este trabajo, como Mojarra blanca "*Gerres cinereus*" (16 especies), Pargo mulato (*Lutjanus griseus*) (28 especies), Chacchies "*Haemulon aurolineatum*" (tres especies), *H. plumierii* (cuatro especies) y *H. sciurus* (cinco especies), Bagres "*Ariopsis assimilis*" (10 especies), Cordoval "*Oligoplites saurus*" (nueve especies), Sierra "*Scomberomorus maculatus*" (cinco especies) (Aguirre *et al.*, 2002; González, 2005 & Reyes, 2009). Estos resultados pueden estar relacionados con la cobertura del área muestreada y el número de hospederos examinados, así como también por los distintos hábitos alimenticios de las especies de peces, sus distintos requerimientos de hábitat y sus movimientos migratorios entre ambientes.

Las siete especies que se presentan en este estudio ya habían sido reportadas para diferentes especies de peces de la Bahía de Chetumal y la costa sur de Quintana Roo (*Oligoplectes saurus*, *A. assimilis*, *L. griseus*, *S. maculatus*, *G. cinereus*, *S. maculatus*, *H. aurolineatum*, *H. plumieri* y *H. sciurus*) (Salgado, 1979; Aguirre *et al.*, 2002; González, 2005; Tuz, 2008 & Reyes, 2009). Con respecto a estatus de transmisión de los parásitos, la chihua presentó una mayor proporción de especies autogénicas que alogénicas lo que nos indica que las especies están cumpliendo su ciclo de vida en el medio acuático y utiliza a este pez como hospedero intermediario o definitivo. Esto nos sugiere que la chihua (*E. plumieri*) juega un papel ecológicamente importante en dicho ambiente, debido a que podemos afirmar que este pez actúa como dispersor de la mayor parte de sus especies parásitas, pues la mayoría se encontró en estado larval. Esto se percibe lógico pues dichas larvas maduran en otros vertebrados ya sea del mismo medio acuático o del medio terrestre. El reducido número de especies alogénicas pudiera estar relacionado con la escasa abundancia de aves ictiófagas que habitan de manera estacionaria los bordes costeros de dichas localidades (Vidal *et al.*, 2002). Este mismo patrón fue encontrado en la mojarra blanca (*G. cinereus*) de la misma región (González, 2005). Sin embargo, esto difiere de lo expuesto por Aguirre-Macedo *et al.* (2002), quienes encontraron mayor cantidad de especies alogénicas en la chihua, tal vez debido a que sólo muestrearon 10 hospederos de una misma localidad. Una similitud entre este trabajo y el de Aguirre-Macedo *et al.* (2002) es el hecho de haber encontrado una mayoría de parásitos en estadio larval, lo cual nos indica que la chihua sirve de alimento para organismos de niveles tróficos superiores. Evidentemente, las larvas necesitan de otro hospedero para finalizar su ciclo de desarrollo, por lo que la chihua está siendo utilizada como un hospedero intermediario o pasajero.

Las tres especies de parásitos que pudieran involucrarse en la infección de humanos (potencial zoonótico), son *Contracaecum* sp. tipo 2, *Pseudoterranova* sp., e *Hysterothylacium* sp. Cabe mencionar que los tres pertenecen a la familia Anisakidae y la enfermedad que estos organismos producen es

conocida como Anisakidosis. En la actualidad, han sido reportados 33747 casos en 27 países del mundo, incluyendo Asia, Europa Occidental (Alemania, Francia y España), Estados Unidos, Canadá, Chile, Nueva Zelanda y Egipto (Olivero & Baldiris, 2008). Sin embargo, hay que tener en cuenta que este tipo de infección se da, especialmente, por el hábito de comer pescado insuficientemente cocido o crudo (ceviche) (Quijada *et al.*, 2005). Cabe señalar que todas estas especies fueron localizadas en el tracto digestivo y órganos adyacentes, que generalmente son retirados del pez antes de ser consumidos.

Los parámetros de infección de los parásitos en *E. plumieri* demostraron que *G. bullocki* es la especie con la mayor prevalencia y abundancia media. Este acantocéfalo es un parásito generalista que infesta muchas familias de peces marinos en la Bahía de Chetumal (Lutjanidae, Haemulidae, Carangidae), que posiblemente se alimenten de la chihua, la cual actúa como hospedero pasajero. Al presentar un ciclo de vida complejo (con dos o más hospederos), su transmisión se ve favorecida con el incremento en la densidad de los hospederos, lo que genera un aumento en las infecciones. Aguirre-Macedo *et al.* (2002) reportan al mismo parásito (*G. bullocki*) para *E. plumieri*, siendo el de mayor prevalencia. Por el contrario, los parásitos que presentaron prevalencias menores a 20% muestran una heterogeneidad en la transmisión, ya que el hospedero no interviene de manera fundamental en el ciclo de vida de dichos parásitos (Moran *et al.*, 1996). La especie con mayor intensidad media fue *Contracaecum* sp. tipo 2, el cual es un género que ya había sido reportado en otros peces marinos. Este resultado está vinculado a la existencia de hospederos intermediarios ideales, y a las condiciones adecuadas para completar su ciclo, el cual incluye al menos un crustáceo como hospedero intermediario (Vidal *et al.*, 2002). Son escasos los estudios enfocados sobre los nematelmintos parásitos en Quintana Roo, estos resultados proporcionan una base para estudios posteriores.

5.- CONCLUSIÓN

La comunidad estudiada de nematelmintos de *E. plumieri*, es pobre en el número de especies

en comparación con la de otros peces de la Bahía de Chetumal. Ésta se caracterizó por un mayor número de parásitos generalistas y pocos especialistas, lo cual se atribuye a su interacción con peces de otras familias y la posibilidad de intercambio de parásitos con dichos organismos.

6.- LITERATURA CITADA

- Aguirre-León, A. y Yáñez Arancibia A. 1984. Las mojaras de la Laguna de Términos: taxonomía, biología ecología y dinámica trófica. (Pisces: Gerreidae). An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. UNAM. Proyecto UNAM-CONACYT, PCMABEU-005322.
- Aguirre-Macedo, M.L, Vidal-Martínez V.M, González-Solís D., Vivas-Rodríguez C.M., Sánchez-Manzanilla A.M., Arjona-Torres G. y Caballero-Pinzón P.I. 2002. Helmintofauna parasita de cuatro especies de peces de importancia comercial en la bahía de Chetumal Quintana Roo, México. Pp. 93-100. In: F.J. Rosado-May, Romero-Mayo R. y De Jesus-Navarrete A. (Eds.). Contribuciones de la ciencia al manejo integrado de la Bahía de Chetumal y su área de influencia. *Univ. Quintana Roo*, Chetumal, México.
- Amin, O.M. 1998. Marine Flora and Fauna of the Eastern United States, Acanthocephala. NOAA Technical Report NMFS 135.
- Anderson, R. C. 2000. *Nematode parasites of vertebrates: their development and transmission*. 2nd Edition. Wallingford, UK: CABI Publishing.
- Aragort-Fernández, W. 2006. Parasitismo en peces de interés comercial y su repercusión en la salud pública. Revista digital CENIAP HOY número 10, 2006. Maracay, Aragua, Venezuela. ISSN 1690-4117.
- Berland, B. 1989. Identification of larval nematodes from fish. Nematode problems in North Atlantic fish. Report from a workshop in Kiel, 3-4 april. 1989. *Council Meeting, Session F*. 6: 16-22.
- Bruce NL, Adlard RD, Cannon LRG 1994. Synoptic checklist of ascaridoid parasites (Nematoda) from fish hosts. *Invertebrate Taxonomy* 8: 583-674.
- Buckner, R.L., R.M. Overstreet y R.W. Heard. Intermediate Hosts for *Tegorhynchus furcatus* and *Dollfusentis chandleri* (Acanthocephala). Proceedings of the *The Proceedings of the Helminthological Society of Washington*. 45(2): 195-201.
- Bush, A., K. Lafferty, J. Lotz, y Shostak, A. 1997. Parasitology meets ecology on its own terms: Margolis *et. al.* revisited. *J. Parasitol.* 83(4): 575-583.
- Caspeta-Mandujano J.M., Moravec F. y Salgado-Maldonado G. 1999. Observations on cucullanid nematodes from freshwater fishes in Mexico, including *Dichelyne mexicanus* sp. n. *Folia Parasitol.* 46: 289-295.
- Deardorff, T.L., Kliks M.M., Rosenfeld M.E., Rychlinski R.A., Desowitz R.S. 1982. Larval ascaridoid nematodes from fishes near the Hawaiian Islands, with comments on pathogenicity experiments. *Pacific Science* 36: 187-201.
- Esch, G.W., C. R. Kennedy, A. O. Bush y J. M. Aho. 1988. Patterns in helminth communities infreshwater fish in Great Britain: alternative strategies for colonization. *Parasitol.*, 96:519-532.
- González-Solís, D. 2001. Nematodes as the parasites of fishes in the conditions of southern Mexico. Tesis doctoral. Institute of parasitology, academy of Sciences of the Czech Republic.
- González-Solís, D. 2005. Helmintos parásitos del pargo mulato, *Lutjanus griseus*, y la mojarra blanca, *Gerres cinereus*, en la costa sur de Quintana Roo. Reporte técnico final No. 48. SAGARPA-CONACYT-ECOSUR.
- Heard, R.W. 1982. Guide to common tidal marsh invertebrates of the northeastern Gulf of Mexico. Mississippi-Alabama Sea Grant Consortium No. MASGP-79-004.
- Jiménez-Guzmán, F., L. Galaviz-Silva, Segovia-Salinas F. 1986. Parásitos y

- enfermedades del bagre. U.A.N.L. Fideicomiso Fondo Nacional para el Desarrollo Pesquero. Publicación técnica No. 1. 2ª Edición. México.
- Joong-Ki, P. y Moravec F. 2008. Redescription of *Cucullanus robustus* (Nematoda: Cucullanidae) from the conger eel *Conger myriaster* off Korea. *Zootaxa* 1729: 1–7.
- Medina-Quej, A., M. Arce-Ibarra, R. Herrera-Pavón, P. Caballero-Pinzón, H. Ortiz-León y C. Rosas-Correa. 2009. Pesquerías: sector social, recurso base y normatividad y manejo. Pp. 184-195. In: J. Espinoza-Avalos, G.A. Islebe y H.A. Hernández-Arana (Eds). 2009. *El sistema ecológico de la bahía de Chetumal / Corozal: costa occidental del Mar Caribe*. ECOSUR. Chetumal Quintana Roo, México.
- Moran, J. D. W., Arthur J.R y Buró M.D.B. 1996. Parasites of sharp-beaked readdfishes (*Sebastes fasciatus* and *Sebastes mentella*) collected from the Gulf of St. Lawrence, Canada. *Canadian J. of Fisheries and Aqua Science*, 53: 1821-1826.
- Moravec F, Urawa S, Coria CO 1997. *Hysterothylacium patagonense* n. sp. (Nematoda: Anisakidae) from freshwater fishes in Patagonia, Argentina, with a key to the species of *Hysterothylacium* in American freshwater fishes. *Syst Parasitol* 36: 31-38.
- Moravec F. 1994. Parasitic nematodes of freshwater fishes of Europe. Academia and Kluwer Academic.
- Moravec, F., Vivas-Rodríguez C., Scholz T., Vargas-Vázquez J., Mendoza-Franco, E., González-Solís, D. 1995. Nematodes parasitic in fishes of cenotes (= sinkholes) of the Peninsula of Yucatan, Mexico. Part 1. Adults. *Folia Parasitol*.
- Nehering, R.B. y Walker P.G. 1996. Whirling disease in the wild: the new reality in the Intermountain West. *Fisheries*, 21(6): 28-32.
- Olivero-Verdel, J. y Baldiris-Avila. 2008. Parásitos en peces colombianos: ¿Están enfermando nuestros ecosistemas?. Universidad de Cartagena.
- Overstreet, R.M., Meyer G.W. 1981. Hemorrhagic lesions in stomach of rhesus monkey caused by a piscine ascaridoid nematode. *J. Parasitol* 67: 226-235.
- Pérez-Ponce, De León G., García-Prieto L., Osorio-Sarabia D. y Leon-Regagnon V. 1996. Listados Faunísticos de México. VI. Helmintos Parásitos de Peces de Aguas Continentales de México. Instituto de Biología, UNAM, México.
- Quijada, J., C.A. Lima dos Santos y N. Avdalov. 2005. Enfermedades parasitarias por consumo de pescado, Incidencia en América Latina. *Rev. INFOPECA Internacional*, 6: 16-23.
- Rello-Yubero, F. J., Adroher-Auroux F. y Valero López A. 2004. Anisákidos parásitos de peces comerciales. Riesgos asociados a la salud pública. *An. De La Real Acad. Ci. Vet. Andalucía Oriental*, 17(1): 173-197.
- Reyes-Lizama, C. 2009. Metazoarios parásitos en tres especies de peces de la familia Haemulidae, en la costa sur de Quintana Roo, México. Tesis de Licenciatura. Instituto Tecnológico de Chetumal.
- Rohde, K. 2005. Marine parasitology. CSIRO, Melbourne and CABI, Wallingford, Oxon, 565 p.
- Salgado-Maldonado, G. 1976. Acantocéfalos de Peces III. Redescipción de *Dollfusentis chandleri* Golvan, 1969 (Acanthocephala: Illiosentidae) y descripción de una nueva especie del mismo género. *An. Inst. Biol. Univ. Nac. Autón. México, Ser. Zoo.* 47(2): 19-34.
- Salgado-Maldonado, G. 1979. Acantocéfalos de Peces VI. Hallazgo de *Gorgorhynchoides bullocki* Cable y Mafarachisi, 1970 (Acanthocephala: Arhythmacanthidae) y descripción de algunos de sus estadios juveniles. *An. Inst. Biol. Univ. Nac. Autón. Méx., Ser. Zoo.* 50(1): 35-50.
- Sánchez-Ceballos, L.D. 2010. Contribución al conocimiento de la población de la Chihuahua, *Eugerres plumieri* Cuvier, 1830 (Perciformes, Gerreidae) en el área natural

- protegida "Santuario del Manatí", Quintana Roo, México. *TecnoINTELECTO*, 7(1): 25-32.
- Schmitter-Soto, J.J. 1998. Catálogo de los peces continentales de Quintana Roo. Guías científicas ECOSUR.
- Smith, J.W. 1999. Ascaridoid nematodes and pathology of the alimentary tract and its associated organs in vertebrates, including man: a literature review. *Helminthological Abstracts* 68: 49-96.
- Tuz-Paredes, V.M. 2008. Nemátodos parásitos del pargo mulato (*Lutjanus griseus*, Linnaeus, 1758) en la costa sur del estado de Quintana Roo, México. Tesis de licenciatura. Instituto Tecnológico de Chetumal.
- Vidal-Martínez, V.M., M.L. Aguirre-Macedo, Scholz, T., D. González-Solís y E.F. Mendoza-Franco. 2002. Atlas de los helmintos parásitos de cíclidos de México. Primera edición. I.P.N. México.
- Vidal-Martínez, V.M., Osorio-Sarabia D., Overstreet R.M. 1994. Experimental infection of *Contracaecum multipapillatum* (Nematoda: Anisakinae) from Mexico in the domestic cat. *J.Parasitol.*, 80:576-579.
- Violante-González J., Aguirre-Macedo M.L. y Rojas-Herrera A. 2008. Comunidad de parásitos metazoarios de la charra *Cichlasoma trimaculatum* en la laguna de Tres Palos, Guerrero, México. *Rev. Mex. Biodiv.* 79: 405- 412 p.

MODELO DE PROGRAMACIÓN LINEAL PARA OPTIMIZACIÓN DE COSTOS DE MENÚ DE COMEDOR INDUSTRIAL

A. B. Orozco Martínez & C. de Santiago Guerrero

Maestría en Ingeniería Industrial. División de Posgrado Instituto Tecnológico de Querétaro, Gral. Mariano Escobedo y Av. Tecnológico S/N, Col. Centro, C.P. 76000 Santiago de Querétaro, Qro. México. Email: anabertha.orozco@gmail.com, cdesantiagog@hotmail.com

RESUMEN: En este artículo se presenta un modelo de programación lineal para la optimización de costos de un menú de comedor industrial que cumple con la Ingesta Diaria de energía (kj-kcal), proteínas, vitaminas y nutrimentos inorgánicos recomendados para la población adulta mexicana entre 20 y 64.9 años con actividad moderada. Considerando que un usuario come una vez al día en un comedor industrial, el modelo diseñado corresponde al 45% del gasto energético y nutricional total diario. Una vez definido el modelo matemático se obtienen una solución óptima conformada por 5 platillos considerados en el menú, al menor costo posible, con los nutrientes y energía recomendados.

PALABRAS CLAVE: Investigación de Operaciones, ingesta diaria recomendada, dieta.

ABSTRACT: This article presents a linear programming model for the cost optimization of an industrial dining menu that meets with the Daily Energy Ingestion (kj-kcal), proteins, vitamins and inorganic nutriments recommended for the adult Mexican population between 20 and 64.9 years with moderate activity. Assuming that a user eats once a day in an industrial dining room, the designed model corresponds to 45 % of the energetic expense and nutritional daily total. Once defined the mathematical model there is obtained an ideal solution shaped by 5 dishes considered in the menu, to the minor possible cost, with the nutrients and energy recommended.

KEY WORDS: Operations research, Daily Energy Ingestion, diet.

1. INTRODUCCIÓN

La alimentación afecta de manera directa el desempeño en el trabajo. A mayor actividad, más necesidad de energía. La desnutrición provoca debilidad, fatiga crónica, falta de concentración (Cavassa, 2006). La obesidad trae enfermedades que inciden directamente sobre el rendimiento del individuo, el sobrepeso es el primer paso para desarrollar obesidad, diabetes, hipertensión arterial y otras enfermedades. La insuficiencia en la alimentación, una dieta no equilibrada, constituyen factores que limitan la cantidad, eficacia y eficiencia de trabajo que puede realizar el cuerpo humano (Ergonomía IMSS, 2005).

En México existe un contraste alimentario innegable mientras se registran muertes y enfermedades por desnutrición que afecta al crecimiento (baja estatura) y desarrollo mental por otra parte la obesidad es un grave problema de salud pública, resultante de la ingestión de dietas abundantes en alimentos con alta densidad energética y bajos en fibra, y

del consumo elevado de bebidas con aporte energético, en combinación con actividad física escasa. Ésta última se ha asociado a factores como: la urbanización, el crecimiento económico, los cambios en la tecnología para la producción de bienes y servicios y los actuales estilos de recreación.

El proporcionar alimentos nutritivos, atractivos, sanos y de calidad debería ser el objetivo principal de quienes son responsables de la prestación del servicio de comedor. La dieta (Dieta Forma de vida) es el conjunto de alimentos y platillos que consume una persona a lo largo de un día, y puede considerársele la unidad de la alimentación. La dieta es lo que finalmente determina la calidad en la alimentación y no un alimento aislado. Un sistema de alimentación sano y equilibrado, está íntimamente relacionado con la salud de las personas.

El resultado de la evaluación de la prevalencia de sobrepeso de la población en Tamaulipas revela que el sobrepeso más obesidad es de 73% en los adultos mayores de 20 años (72.6%

para mujeres y 73.6% para hombres) Tal y como lo muestra la figura 1.

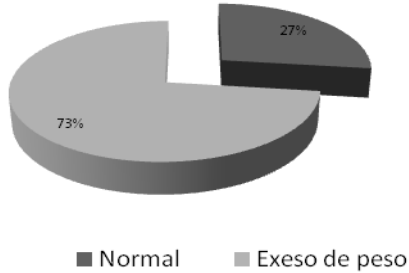


Figura 1. Prevalencia de exceso de peso en el estado de Tamaulipas.

La prevalencia de circunferencia de cintura considerada como obesidad abdominal fue de 83.2% en el estado, con una marcada diferencia entre sexos 75.1 % en los hombres y 89.7% en las mujeres como lo muestra la figura 2.

Tamaulipas es uno de los estados con mayores índices de sobrepeso ubicándose en el lugar 11 a nivel nacional, como lo muestra la figura 3, por lo que el uso de un modelo de optimización de costos de menú de comedor industrial puede ser una herramienta importante para contribuir a la disminución de la prevalencia de obesidad en la empresa donde se aplique y además propicia la mayor rentabilidad de la empresa de prestación de servicio de comedor industrial debido a la elaboración de menús a menor costo.

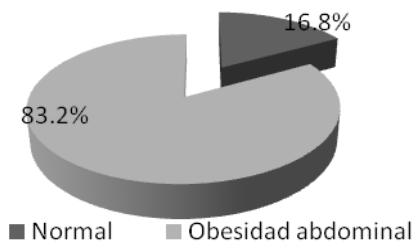


Figura 2. Prevalencia de circunferencia de cintura en el estado de Tamaulipas.

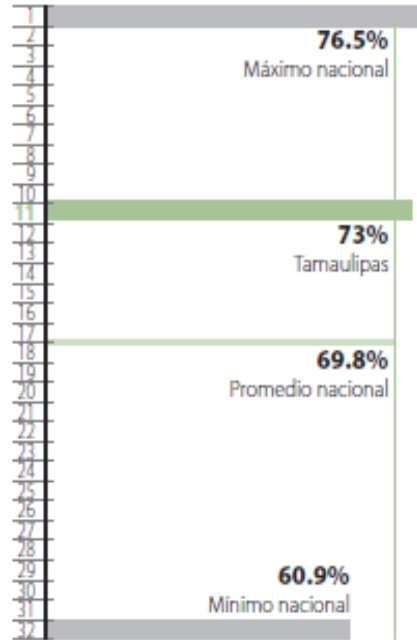


Figura 3. Lugar nacional de Tamaulipas en prevalencia de sobrepeso mas obesidad.

El objetivo de este trabajo es mostrar la aplicación del modelo de programación lineal conocido como el “modelo de la dieta” para la programación de un menú de comedor industrial (se considera el 45% corresponde al gasto energético que se realiza durante la actividad principal del día, que regularmente se refiere a la actividad laboral, dado que en la industria sólo se tiene el compromiso de cubrir la comida que corresponde al turno, y es en el turno de trabajo donde se realiza la principal actividad del trabajador regular, debido a eso, solo se considera el 45% ya que el resto deberá cubrirse a lo largo de las otras comidas del día)

2. LA INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES

La investigación de operaciones es un enfoque científico multidisciplinario en la toma de decisiones, que busca el mejor desempeño y operación de un sistema, en casos que requieren asignación de escasos recursos. Para lo cual se requiere el uso de modelación matemática, representado así situaciones reales. Un modelo de optimización está definido por una función objetivo dependiente de un grupo de variables de decisión

restringidas por diversas limitaciones. El objetivo de la optimización de costos es encontrar la combinación de valores de las variables de decisión que generan resultados óptimos para la función objetivo satisfaciendo todas las limitaciones consideradas como restricciones del modelo. Para el caso de estudio de este artículo se usa un modelo de programación lineal para la minimización de costos de menú de comedor industrial (Taha, 2005).

El modelo general de programación lineal es:

Función Objetivo:

Min ó Max

$$Z = F(x_1, x_2, \dots, x_n) = c_1x_1 + c_2x_2 + \dots + c_nx_n$$

Limitaciones

Sujeto a:

$$a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n \geq b_1$$

$$a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n \geq b_2$$

$$a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \dots + a_{mn}x_n \geq b_m$$

$$x_1, x_2, \dots, x_n \geq 0$$

Los coeficientes c_1, c_2, \dots, c_n , son números reales y se llaman coeficientes de beneficio o coeficientes de costo dependiendo si el objetivo del sistema es maximizar o minimizar. Son datos de entrada del problema. x_1, x_2, \dots, x_n son las variables de decisión que están bajo nuestro control e influyen en el desempeño del sistema.

Las limitaciones del modelo son representadas por las restricciones, expresadas como desigualdades

$$a_{i1}x_1 + a_{i2}x_2 + \dots + a_{in}x_n \leq \geq b_i$$

$$a_{ij}, \text{ con } i = 1, \dots, m \text{ y } j = 1, \dots, n$$

Son números reales conocidos. El vector del lado derecho, los términos b_i , con $i = 1, \dots, m$, se llama vector de disponibilidades o requerimientos y son también datos conocidos del problema.

Las restricciones $x_j \geq 0$ con $j = 1, \dots, n$ se llaman restricciones de no negatividad.

Al conjunto de valores de (x_1, x_2, \dots, x_n) que satisfacen simultáneamente todas las restricciones se le denomina región factible. Cualquier punto dentro de la región factible representa un posible programa de acción. Para resolver un problema de Programación Lineal tenemos que representar la región factible resolviendo el sistema de inecuaciones formado por el conjunto de restricciones.

Un sistema de inecuaciones lineales es una desigualdad entre expresiones algebraicas. Para conocer la solución se resuelve cada una de las inecuaciones que lo forman posteriormente encontrar la intersección de todos los semiplanos solución (región factible). La región factible, si es no vacía, siempre será un conjunto convexo (dados dos puntos cualesquiera de ella, el segmento que los une también está contenido).

Una inecuación lineal con dos incógnitas es una expresión de alguna de las siguientes formas:

$$\begin{aligned} ax + by &\geq 0, & ax + by &> 0, \\ ax + by &\leq 0, & ax + by &< 0 \end{aligned}$$

Una ecuación lineal con dos incógnitas es una expresión de la forma:

$$ax + by = c$$

Representa un sistema compatible indeterminado con un parámetro. Tiene infinitas soluciones. Las soluciones son todos los puntos de la recta de ecuación

$$ax + by = c$$

Esta recta divide al plano en dos semiplanos. Todos los puntos de uno de estos semiplanos verifican.

$$ax + by < 0$$

y, todos los puntos del otro semiplano verifican

$$ax + by > 0$$

2.1 Modelo General del Problema de la Dieta

El problema de la dieta, fue uno de los primeros problemas sobre optimización, motivado por el deseo del ejército americano de asegurar unos requerimientos nutricionales al menor costo. Se

desea determinar la dieta más económica, que satisfaga un mínimo de requerimientos básicos para garantizar una buena salud, el problema puede resumirse de forma general de la siguiente manera, formulado por el economista George J. Stigler en 1945 (Dantzing, 1968).

Considerados n alimentos diferentes a_1, a_2, \dots, a_n , que contienen m elementos nutritivos básicos fundamentales N_1, N_2, \dots, N_m , tales que b_i es la cantidad mínima que una persona debe consumir del elemento nutritivo N_i , se trata de calcular la combinación de cantidades x_1, x_2, \dots, x_n , de los alimentos a_i que debe incluir una dieta de costo mínimo, siendo c_i el costo unitario del alimento a_i y a_{ij} la cantidad de elemento nutritivo N_i contenida en una unidad de alimento a_j

Expresado en forma matricial:

$$\min z = cx$$

s. a

$$ax \geq b$$

$$x \geq 0$$

En este caso también pudieran existir restricciones en cuanto a límites en la cantidad de algunos alimentos, etc.

3. DESARROLLO

Selección del grupo objetivo: El grupo objetivo está formado por las personas a quienes va dirigido el diseño de la dieta o usuarios del servicio de comedor industrial, para este caso de estudio son adultos de 20 a 64.9 años de edad con actividad moderada considerando el 45% de aporte de la dieta total de un día.

Edad (años)	Calorías (kcal/kg)	
	M	F
18 a 64.9	45	40

Tabla 1. Ingesta Diaria Recomendada de energía para la población mexicana.

El costo por porción de alimento del menú está determinado por:

$$\sum_{i=1}^n \frac{S_i x_i}{r}$$

$r =$ raciones por kg preparado

$S_i =$ \$ por kg del ingrediente del alimento x_i

Componente	Ración	Unidad
Sopa aguada	150	ml.
Sopa Seca	85	gr.
Guisado	120	gr.
Ensalada	100	gr.
Postre	60	gr.

Tabla 2. Menú típico.

Nutrimento	ADULTOS Rec. /kg de peso	Recomendación para un Adulto Todas las unidades en gr.
Proteína	1.0g/kg	70
Vitamina A (µg. eg. Retinol)	1000	0.07
Vitamina E (mg. eq a toc)	10	0.7
Vitamina C(mg)	60	4.2
Tiamina (mg.)b	1.5	0.105
Riboflavina (mg.)b	1.7	0.119
Niacina (mg. eq)b	19	1.33
Vitamina B6 (mg.)	2.0	0.14
Vitamina B12 (µg.)	2.0	0.00014
Folacina (µg.)	200	0.014
Calcio (mg.)	800	56
Fósforo (mg.)	800	56
Hierro (mg.)	15	1.05
Magnesio (mg.)	350	24.5
Cinc (mg.)	15	1.05
Yodo (µg.)	150	1.0105
Cobre (mg.)	2	0.14
Fluor (mg.)	2	0.14

Tabla 3. Ingesta Diaria Recomendada de proteínas, vitaminas y nutrimentos inorgánicos para un adulto promedio de 70 kg de peso.

En la tercera columna de la tabla 3. Se calculó la equivalencia en gramos de las unidades correspondientes del nutrimento. La proteína se multiplicó por los kg. de peso del adulto a quien va dirigido el menú.

3.1 Definición de variables de decisión:

x_i = Porciones a consumir diariamente del alimento i

Va	Alimento	\$/Ración
x1	Sopa de Fideos	2.3
x2	Caldo de cocido casero	2.3
x3	Sopa de Verduras	3.0
x4	Sopa juliana	3.9
x5	Crema de champiñones	4.9
x6	Crema de zanahoria	2.8
x7	Sopa de jitomate	3.4
x8	Sopa de garbanzo y verduras	3.3
x9	Crema de calabaza	4.9
x10	Crema de espinaca	1.70
x11	Albóndigas	8.2
x12	Filete de pollo a la plancha	7.0
x13	Pastel de carne	8.27
x14	Pollo guisado	9.6
x15	Filete de puerco a la plancha	9
x16	Filete de pollo empanizado	8
x17	Filete de res empanizado	13.0
x18	Filete de res a la jardinera	13.2
x19	Pollo asado con papas	7.8
x20	Hamburguesa de carne molida	7.2
x21	Espagueti en salsa de jitomate	2.7
x22	Arroz con champiñones	3.2
x23	Puré de papa	3.1
x24	Sopa de arroz	2.8
x25	Sopa de Frijol	3.2
x26	Frijoles charros	3.4
x27	Coditos con crema	2.4
x28	Sopa de lenteja	2.6
x29	Calabacitas con jitomate	2.5
x30	Ensalada rusa	3.6
x31	Papas Bravas	4.0
x32	Ensalada de garbanzo	3.8
x33	Ensalada de frijol	3.4
x34	Ensalada de pimientos	4.0
x35	Ensalada de jitomate	2.0
x36	Ensalada de jicama con naranja	1.6
x37	Ensalada de rusa	1.4
x38	Ensalada de verduras	3.0
x39	Sandía con naranja	2.5
x40	Melón	1.6
x41	Ensalada de aguacate	1.40
x42	Ensalada de Manzana	3.8
x43	Torrijas	3.0
x44	Gelatina	0.87
x45	Plátanos	1.9

x46	Arroz con leche	4.0
x47	Buñuelos	3.4
x48	Pay de queso	3.3
x49	Helado	3.6
x50	Mousse de chocolate	4.1
x51	Flan	3.3

Tabla 4. Variables de decisión y sus costos asociados.

El contenido nutricional de las recetas se obtiene de la estimación nutricional de los componentes de cada alimento

4. RESULTADOS

4.1 Ingreso de Datos del modelo

Para obtener la solución del modelo se ingresaron los datos del modelo al sistema Lindo



Figura 4. Introducción del Modelo en el software LINDO 6.1

```

8) Vitamina C
25.23 X14 + 2.31 X16 + 2.32 X17 + 62.57 X18 + 45.24 X19
+ 44.5 X20 + 20.71 X21 + 11.33 X22 + 197.88 X23 + 13.73 X25 + 25.64 X26
+ 1722.42 X27 + 1.38 X29 + 129.23 X30 + 150.31 X31 + 150.31 X32
+ 164.58 X33 + 980.86 X34 + 200 X35 + 506 X36 + 587.7 X37 + 74.07 X38
+ 569.4 X39 + 321 X40 + 60 X41 + 30 X42 + 8.229999 X43 + 115 X45 + 7.98 X46
+ 7.88 X47 + 2.23 X48 + 10 X49 + 9.85 X50 + 7.95 X51 >= 4.2

9) Vitamina B6
1.3 X1 + 2.46 X2 + 0.1 X3 + 0.38 X4 + 0.77 X5 + 0.66 X6 + 1.36 X7
+ 0.45 X8 + 1.1 X9 + 1.86 X10 + 1.7 X11 + 4.93 X12 + 2.88 X13
+ 3.08 X14 + 3.68 X15 + 2.82 X16 + 3.08 X17 + 2.46 X18 + 4.18 X19
+ 1.74 X20 + 0.44 X21 + 0.64 X22 + 2.5 X23 + 0.95 X24 + 1.83 X25
+ 1.51 X26 + 1.1 X27 + 2.46 X28 + 1.5 X29 + 1.7 X30 + 2.17 X31
+ 0.3 X32 + 2.7 X33 + 2.25 X34 + 1.15 X35 + 0.6 X36 + 2.4 X37
+ 0.63 X38 + 1.3 X39 + 0.6 X40 + 3.6 X41 + X42 + 0.49 X43 + 10 X44
+ 3.6 X45 + 0.46 X46 + 0.61 X47 + 0.64 X48 + 0.7 X49 + 0.53 X50
+ 0.53 X51 >= 0.14

10) Vitamina B12
23 X1 + 1.78 X2 + 0.02 X4 + 0.73 X5 + 0.02 X6 + 1.55 X7 + 0.5 X10
+ 10.31 X11 + 93.15 X12 + 6.58 X13 + 2.99 X14 + 5.47 X15 + 4.69 X16
+ 10.27 X17 + 5.09 X18 + 3.02 X19 + 10.55 X20 + 0.14 X21 + 0.15 X23
+ 0.13 X24 + 1.86 X25 + 0.48 X26 + 0.63 X28 + 1.31 X29 + 8.51 X30
+ 0.03 X32 + 2.84 X33 + 1.33 X35 + 4.5 X38 + 4.53 X43 + 1.53 X46
+ 6.36 X47 + 5.11 X48 + 3 X49 + 5.3 X50 + 6.49 X51 >= 0.00014

11) Folacina
34.2 X1 + 341.55 X2 + 22.38 X3 + 53.88 X4 + 182.85 X5 + 52.59 X6
+ 318.18 X7 + 119.67 X8 + 360 X9 + 1183.63 X10 + 140.21 X11 + 83.56 X12
+ 128.4 X13 + 97.2 X14 + 37.31 X15 + 94.95 X16 + 128.65 X17
+ 230.24 X18 + 123.9 X19 + 156.42 X20 + 71.66 X21 + 82.27 X22
+ 179.55 X23 + 28.7 X24 + 96.86 X25 + 1064.1 X26 + 180 X27
+ 435.53 X28 + 361.98 X29 + 245.21 X30 + 174.53 X31 + 338.37 X32
+ 1150.12 X33 + 228.23 X34 + 246.96 X35 + 387 X36 + 725.1 X37
+ 258.2 X38 + 432.5 X39 + 27 X40 + 300 X41 + 58 X42 + 148.97 X43
+ 200 X45 + 54.6 X46 + 181.82 X47 + 145.11 X48 + 90 X49 + 119.32 X50
+ 148.34 X51 >= 0.014

12) Calcio
34.2 X1 + 341.55 X2 + 22.38 X3 + 53.88 X4 + 182.85 X5 + 52.59 X6
+ 318.18 X7 + 119.67 X8 + 360 X9 + 1183.63 X10 + 140.21 X11 + 83.56 X12
+ 128.4 X13 + 97.2 X14 + 37.31 X15 + 94.95 X16 + 128.65 X17
+ 230.24 X18 + 123.9 X19 + 156.42 X20 + 71.66 X21 + 82.27 X22
+ 179.55 X23 + 28.7 X24 + 96.86 X25 + 1064.1 X26 + 180 X27
+ 435.53 X28 + 361.98 X29 + 245.21 X30 + 174.53 X31 + 338.37 X32
+ 1150.12 X33 + 228.23 X34 + 246.96 X35 + 387 X36 + 725.1 X37
+ 258.2 X38 + 432.5 X39 + 27 X40 + 300 X41 + 58 X42 + 148.97 X43
+ 200 X45 + 54.6 X46 + 181.82 X47 + 145.11 X48 + 90 X49 + 119.32 X50
+ 148.34 X51 >= 56

13) Fósforo
279 X1 + 258.8 X2 + 19 X3 + 67.53 X4 + 270 X5 + 57.97 X6
+ 363.64 X7 + 196.86 X8 + 270.87 X11 + 334.15 X13 + 236.26 X14
+ 188.89 X13 + 128.97 X14 + 84.58 X15 + 207.22 X16 + 220.54 X17
+ 246.41 X18 + 109.98 X19 + 646.79 X20 + 230.25 X21 + 74.88 X22
+ 159.09 X23 + 28.26 X24 + 416.87 X25 + 323.72 X26 + 240 X27
+ 204.68 X28 + 543.13 X29 + 257.42 X30 + 80.19 X31 + 353.49 X32
+ 7773.49 X33 + 123.92 X34 + 472.84 X35 + 410 X36 + 192 X37
+ 1068.78 X38 + 477.2 X39 + 156 X40 + 120 X41 + 140 X42 + 860.08 X43
+ 110 X44 + 73 X45 + 690.18 X46 + 690.91 X47 + 953.19 X48 + 1400 X49
+ 935.61 X50 + 814.57 X51 >= 56

14) Cinc
40.32 X2 + 4.19 X3 + 13.65 X4 + 183.58 X5 + 41.82 X6 + 207.75 X7
+ 18.01 X8 + 634.73 X10 + 270.87 X11 + 334.15 X13 + 236.26 X14
+ 746.27 X15 + 725.16 X16 + 182 X17 + 524 X18 + 260 X19 + 40 X20
+ 5.18 X21 + 142.36 X22 + 131.06 X23 + 54.35 X24 + 4.58 X25
+ 269.27 X26 + 82.23 X28 + 180.19 X29 + 270.74 X30 + 58.49 X31
+ 9 X32 + 140.48 X33 + 84.69 X34 + 180.19 X35 + 50 X36 + 91 X37
+ 151.85 X38 + 160 X39 + 50 X40 + 389.71 X43 + 140 X45 + 450.92 X46
+ 333.93 X47 + 227.66 X48 + 309.09 X50 + 347.02 X51 >= 1.05

15) Magnesio
21 X1 + 12.32 X2 + 0.43 X3 + 2.07 X4 + 8.03 X5 + 1.39 X6
+ 8.56 X7 + 2.84 X8 + 8 X9 + 22.16 X10 + 18.04 X11 + 10.41 X12
+ 19.34 X13 + 7.01 X14 + 16.92 X15 + 16.97 X16 + 24.86 X17 + 12.87 X18
+ 6.26 X19 + 15.27 X20 + 5.72 X21 + 4.19 X22 + 3.86 X23 + 1.3 X24
+ 31.08 X25 + 18.27 X26 + 18 X27 + 23.5 X28 + 9.58 X29 + 10.64 X30
+ 4.91 X31 + 15.28 X32 + 36.39 X33 + 4.4 X34 + 7.03 X35 + 4.9 X36
+ 8.4 X37 + 12.9 + 5.24 X40 + 6.81 X41 + 5.6 X42 + 12.8 X43
+ 5.9 X45 + 2.94 X46 + 13.94 X47 + 6.81 X48 + 1.4 X49 + 4.92 X50
+ 6.23 X51 >= 24.5

16) Hierro
242 X1 + 207.75 X2 + 8.57 X3 + 30.59 X4 + 127.01 X5 + 51.35 X6
+ 110.16 X7 + 59.06 X8 + 80 X9 + 508.98 X10 + 165.46 X11 + 213.7 X12
+ 172.43 X13 + 166.36 X14 + 175.12 X15 + 196.39 X16 + 181.08 X17
+ 231.14 X18 + 182.13 X19 + 192.2 X20 + 155.31 X21 + 186.9 X22
+ 185.61 X23 + 45.65 X24 + 404.82 X25 + 410.36 X26 + 480 X27
+ 363.9 X28 + 143.45 X29 + 159.04 X30 + 16.92 X31 + 147.51 X32
+ 493.73 X33 + 117.22 X34 + 117.89 X35 + 152 X36 + 159.2 X37
+ 160.85 X38 + 244 X39 + 118 X40 + 300 X41 + 100 X42 + 28.81 X43
+ 110 X44 + 364 X45 + 100.92 X46 + 128.79 X47 + 151.06 X48 + 190 X49
+ 143.18 X50 + 92.05 X51 >= 1.05

17) No negatividad
X1 + X2 + X3 + X4 + X5 + X6 + X7 + X8 + X9 + X10 + X11 + X12
+ X13 + X14 + X15 + X16 + X17 + X18 + X19 + X20 + X21 + X22 + X23 + X24
+ X25 + X26 + X27 + X28 + X29 + X30 + X31 + X32 + X33 + X34 + X35 + X36
+ X37 + X38 + X39 + X40 + X41 + X42 + X43 + X44 + X45 + X46 + X47 + X48
+ X49 + X50 + X51 >= 0

18) Selección de 5 platos
X1 + X2 + X3 + X4 + X5 + X6 + X7 + X8 + X9 + X10 + X11 + X12
+ X13 + X14 + X15 + X16 + X17 + X18 + X19 + X20 + X21 + X22 + X23 + X24
+ X25 + X26 + X27 + X28 + X29 + X30 + X31 + X32 + X33 + X34 + X35 + X36
+ X37 + X38 + X39 + X40 + X41 + X42 + X43 + X44 + X45 + X46 + X47 + X48
+ X49 + X50 + X51 = 5

19) X1 + X2 + X3 + X4 + X5 + X6 + X7 + X8 + X9 + X10 = 1
20) X11 + X12 + X13 + X14 + X15 + X16 + X17 + X18 + X19 + X20 = 1
21) X21 + X22 + X23 + X24 + X25 + X26 + X27 + X28 + X29 = 1
22) X30 + X31 + X32 + X33 + X34 + X35 + X36 + X37 + X38 + X39 + X40
+ X41 + X42 = 1
23) X43 + X44 + X45 + X46 + X47 + X48 + X49 + X50 + X51 = 1
END
    
```

Figura 4. Introducción del modelo en el software LINDO 6.1

4.2 Solución del Modelo

La solución óptima es obtenida en 75 iteraciones, en menos de 1 segundo, en el software de optimización LINDO 6.2,

OBJECTIVE FUNCTION VALUE		
1)	13.37000	
VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
X10	1.000000	0.000000
X12	1.000000	0.000000
X27	1.000000	0.000000
X37	1.000000	0.000000
X44	1.000000	0.000000
ROW	SLACK OR SURPLUS	DUAL PRICES
18)	0.000000	-7.000000
19)	0.000000	5.300000
21)	0.000000	4.600000
22)	0.000000	5.600000
23)	0.000000	6.130000
NO. ITERATIONS=	45	

Figura 5. Solución óptima obtenida

Solución óptima.

Z=\$13.37

X10=1, X12=1, X27=1, X37=1, X44=1

4.3 Comparación de costo de un menú común

Menú	\$/ Ración
Sopa aguada:	Crema de espinaca \$1.7
Sopa Seca:	Coditos con crema \$7
Guisado:	Filete de pollo a la plancha \$2.4
Ensalada:	Ensalada rusa \$1.4
Postre:	Gelatina \$0.87
Total	\$13.37

Tabla 5. Menú óptimo obtenido

Menú	\$/ Ración
Sopa aguada:	Sopa de fideos \$2.3
Sopa Seca:	Sopa de arroz \$2.8
Guisado:	Albóndigas \$8.2
Ensalada:	Ensalada de aguacate \$1.4
Postre:	Gelatina \$0.87
Total	\$15.5

Tabla 6. Menú elegido al azar

Existe un ahorro del 16% si se usa el modelo de optimización de costos para el diseño del menú de comedor industrial.

5. CONCLUSIONES

Las necesidades nutricionales de la población objetivo fueron establecidas en base a los requerimientos nutricionales mostrados en la tabla de Ingesta Diaria Recomendada (IDR) para la población mexicana por el Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición (Zubirán, 2000).

El grupo de estudio se centra en un adulto promedio de entre 20 y 64.9 años con actividad moderada 1.71m de estatura promedio y 70kg de peso promedio. Sin embargo si desea aplicar el modelo de programación lineal para un grupo distinto de edad se debe reestimar las necesidades promedio para el grupo de estudio.

La recomendación de energía se estimó en base al cálculo del gasto total de energía y considerando el equilibrio energético que es de 3150 kcal/día, El 45% del total de requerimientos energéticos y nutricionales establecido son considerados en el modelo matemático. El 95% está considerando de acuerdo con el teorema de Tchevishev aproximadamente el 95% de los datos, donde por razones naturales estaría el grueso de la población y por consiguiente de los usuarios del servicio de comedores industriales, en donde, el 5% restante estaría conformado por personas con requerimientos especiales debido a condiciones de salud o bien a actividades especiales como deportes extremos (gym) que tienen otros requerimientos energéticos.

Para la aplicación de este modelo siempre será necesario recalcular la recomendación de energía y nutrientes cuando la dieta sea dirigida un grupo de estudio con características de edad, peso o actividad física diferentes. Se recomienda usar este modelo también para el menú familiar, cocina económica, comedor estudiantil siempre y cuando se actualicen los datos de la población objetivo y a su vez los coeficientes de costo de cada variable de decisión.

En la optimización del menú se consideran solo los costos de materia prima para la preparación del menú, no gastos de elaboración tales como mano de obra o energía para la cocción o enfriamiento de los alimentos. El operador del modelo de optimización de menú de comedor

industrial debe tener conocimientos de nutrición y de programación lineal. Los comedores pueden realizar varias combinaciones de menús optimizados y lograr una significativa disminución de costos.

En México existe gran variedad de estudios de optimización de dieta para casi toda clase de animales, conejos, vacas, cerdos, aves, peces entre otros, sin embargo existe investigación deficiente en cuestiones de optimización de dieta humana.

En este artículo se comprueba que la investigación de operaciones es una ciencia multidisciplinaria que permite la interacción de diversas disciplinas obteniendo resultados que impactan en ahorros económicos e incremento en la calidad de vida de los usuarios de los resultados de esta ciencia.

6. LITERATURA CITADA

- Cavassa-Ramirez C. 2006. Ergonomía y Productividad. México. LIMUSA, México.56:61 pp.
- Dantzing George B. 1968. Linear programming and extensions. Universidad de Virginia. 327-393 pp.
- Ergonomía IMSS. 2005. Instituto Mexicano del Seguro Social.
- Hadmy Taha. Investigación de Operaciones. 2005. MacGraw Hill.
- Hillier, Lieberman. 2001. Introducción a la Investigación de Operaciones. McGraw-Hill.
- Instituto Nacional de Salud Pública. 2006. Encuesta Nacional de Salud y Nutrición. México: Gobierno Mexicano.
- Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán. 2001. IDR de Energía para la Población Mexicana. México. INNSZ.
- Wayne L. Winston. 2006. Investigación de Operaciones. Thomson.

CIFRADO DE DATOS CON ALGORITMO AES USANDO PROGRAMACIÓN MULTITHILO

S. I. Martínez-Guerra, L. C. García-Mundo, J. A. Vargas-Enríquez, L. E. Chávez-Vázquez & E. A. Carles-Walle

Instituto Tecnológico de Cd. Victoria, Departamento de Sistemas y Computación
sylvia.mtz.g@itcv.edu.mx, lilia.garcia@itcv.edu.mx, jvargd@itcv.edu.mx,
chavezlaurae@itcv.edu.mx

RESUMEN: En este artículo se presenta un esquema de paralelismo a nivel de datos para el algoritmo de cifrado AES con una llave de 128 bits, en particular para computadoras de escritorio y portátiles con procesadores multi-núcleo. Se hicieron dos implementaciones de la versión paralela del algoritmo AES, una en lenguaje C y otra en lenguaje Java. Se probó el desempeño de ambas aplicaciones en una computadora con un procesador Intel de 4 núcleos bajo un sistema operativo Linux. Las pruebas realizadas mostraron que se obtiene una disminución en el tiempo de cifrado de hasta 60% para la aplicación en lenguaje C y de hasta 36% para la aplicación en lenguaje Java para tamaños de archivo mayores a 5 MB.

PALABRAS CLAVE: Cómputo paralelo, procesadores multi-núcleo, cifrado de datos, AES.

ABSTRACT: This article presents a scheme of data level parallelism for the AES encryption algorithm with a key of 128 bits. This implementation is intended for desktop and notebook computers with multicore processors. Two implementations were made of the parallel version of AES, one in C language and one in Java. We tested the performance of both applications on a computer with an Intel 4-core processor under a Linux operating system. Tests showed that a reduction is obtained at the time of encryption of up to 60% for the implementation in C language and up to 36% for the application in Java for file sizes greater than 5 MB.

KEY WORDS: Parallel computing, multi-core processors, data encryption, AES.

1. INTRODUCCIÓN

La tecnología de fabricación de procesadores de mínimas dimensiones está llegando a sus límites. Entre más pequeños son estos componentes la generación de calor es cada vez mayor debido al incremento de la resistencia eléctrica (ICT Results, 2008). En la búsqueda de un mayor rendimiento en los procesadores sin aumentar el consumo de energía, los fabricantes vieron el cómputo paralelo como una manera de lograr mayor procesamiento eficiente de aquellas tareas que pudieran ser ejecutadas de manera simultánea (Rojas, 2009). Sin embargo la única forma en la que una aplicación se beneficiará de estos nuevos procesadores es re-diseñándola incorporando algoritmos paralelos para que funcione de manera eficiente en procesadores de más de un núcleo.

Los procesadores multi-núcleo también desempeñarán un papel central en el impulso de los avances importantes en la seguridad de la PC y las tecnologías que se están

desarrollando para proporcionar una mayor protección y utilización de recursos para la computación comercial. En este sentido y debido a su uso tan extendido, el cifrado de datos es una aplicación candidata a ser optimizada para que funcione de manera eficiente en procesadores multi-núcleo.

En este artículo se presenta un esquema de paralelismo a nivel de datos para el algoritmo de cifrado AES, en particular para computadoras de escritorio y portátiles con procesadores multi-núcleo. Se pretende que este esquema de paralelismo sea eficiente en procesadores de más de un núcleo y que el tiempo de cifrado y descifrado se reduzca comparado con el tiempo que toma en un microprocesador con un solo núcleo..

2. ANTECEDENTES

2.1 Los procesadores multi-núcleo

La tendencia predicha por Gordon Moore en 1965 en la famosa Ley de Moore (Moore, 1965), ha continuado por medio siglo y no se espera que se detenga hasta el 2015 (Kanellos,

2005). Sin embargo la tecnología de fabricación de procesadores de mínimas dimensiones, está llegando a sus límites. Entre más pequeños son estos componentes la generación de calor es cada vez mayor debido al incremento de la resistencia eléctrica. Esto ha traído como consecuencia que cada vez sea más difícil lograr incrementar la frecuencia principal del procesador (ICT Results, 2008).

Esta problemática obligó a los fabricantes a replantearse el objetivo en la construcción de procesadores: Ofrecer un mayor rendimiento (performance), y reducir el consumo de energía (Rojas, 2009). Para lograr este objetivo fue necesario tomar un rumbo diferente, tomando como base el procesamiento en paralelo se inició la construcción de los procesadores multi-núcleo. Un procesador multi-núcleo es aquel que contiene dentro de su empaque a varios núcleos o cerebros, y puede dividir un trabajo en partes que son procesadas cada una de ellas por diferente núcleo.

2.2 El cómputo paralelo

El cómputo paralelo es el procesamiento de información que enfatiza la manipulación concurrente de elementos de datos pertenecientes a uno o más procesos resolviendo un problema común. Se basa en el principio de que los problemas grandes se pueden dividir en partes más pequeñas que pueden resolverse de forma concurrente ("en paralelo"). La meta es reducir al mínimo el tiempo total de cómputo distribuyendo la carga de trabajo entre los procesadores disponibles. Una de las razones principales para utilizar el paralelismo en el diseño de hardware o software, es obtener un alto rendimiento o mayor velocidad al ejecutar un programa (Karniadakis, 2003). La mejora de rendimiento que se puede esperar de una aplicación al incrementar los elementos de procesamiento, está limitada al tiempo que tarda en ejecutarse la parte secuencial de la misma, como lo establece la ley de Amdahl (Amdahl, 1967).

2.3 El algoritmo de cifrado AES

El algoritmo AES (NIST, 2000), es un cifrador de bloque, lo cual significa que trabaja en grupos de bits de longitud fija, los cuales son llamados bloques. El algoritmo toma un bloque de datos de un cierto tamaño, normalmente de

128 bits, y produce un correspondiente bloque de salida del mismo tamaño (Stallings, 2005). La transformación requiere una segunda entrada, la cual es la llave secreta. AES soporta tamaños de bloque de 128 bits y tamaños de llave de 128, 192 y 256 bits (NIST, 2001). Cada tamaño de llave de cifrado hace que el algoritmo se comporte ligeramente diferente, por lo que el aumento de tamaño de llave no solo ofrece un mayor número de bits con los que se pueden cifrar los datos, sino que también aumenta la complejidad del algoritmo de cifrado. AES es un algoritmo de cifrado de llave simétrica lo que significa que el cifrado y descifrado se realiza usando la misma llave.

3. TRABAJOS RELACIONADOS

Se han realizado varios trabajos de paralelización del algoritmo AES, sin embargo estos han sido hechos a nivel bit para ser implementados en hardware, específicamente en FPGAs.

En Qin H *et al.*, (2005) proponen la paralelización del algoritmo AES utilizando una arquitectura llamada enrollamiento parcial segmentado (PPR por sus siglas en inglés) la cual es adecuada para su implementación en FPGA. La arquitectura propuesta fue implementada en un FPGA EP1S20F780C5 Stratix de Altera, obteniéndose un desempeño de hasta 20.48 Gbps.

En Caltagirone y Anantha (2003) proponen una implementación paralela de alto desempeño del algoritmo AES para aplicaciones en hardware de recursos limitados. El núcleo puede ser utilizado en diversas aplicaciones de cifrado y descifrado con AES con llave de 128-bits, con un enfoque en las redes con modo de transferencia asíncrono (ATM).

4. TRABAJO REALIZADO

La mayoría de las aplicaciones para computadoras de escritorio que existen actualmente fueron diseñadas para trabajar con procesadores de un solo núcleo. Con la aparición de los procesadores multi-núcleo las aplicaciones que realmente van a obtener provecho son aquellas que puedan dividir la

tarea en partes que puedan ser ejecutadas concurrentemente.

Programar para procesadores multi-núcleo es una tarea que las compañías de desarrollo de software se verán obligadas a realizar. Tendrán que invertir tiempo para que los desarrolladores modifiquen las aplicaciones permitiéndoles aprovechar al máximo las virtudes de estos procesadores. Es un proceso difícil y costoso pero al mismo tiempo obligado para aquellas empresas que quieran competir en el mercado (Merida, 2007).

En este trabajo presentamos dos implementaciones en software de un esquema de paralelismo a nivel de datos para el algoritmo de cifrado AES, en particular para computadoras de escritorio y portátiles con procesadores multi-núcleo. El proceso paralelo del cifrado de datos se muestra en la Figura 1. El archivo de datos se divide en un número de partes igual al número de núcleos del procesador o a un número de hilos deseado. El tamaño de cada parte del archivo se escoge de tal manera que sea múltiplo de 16 debido a que el algoritmo AES cifra en bloques de 128 bits o

16 bytes. En caso de que el tamaño de la última parte no sea múltiplo de 16 se completa con caracteres de relleno en un proceso llamado padding. Cada parte del archivo es asignada a un hilo de ejecución el cual ejecuta el proceso de cifrado. El archivo se ensambla con las partes cifradas por cada hilo de ejecución, de acuerdo al orden en el que esa parte aparece en el archivo original. El proceso de descifrado es exactamente igual, la única diferencia consiste en que el hilo de ejecución descifra en lugar de cifrar.

Para el cifrado se utilizó una llave de 128 bits la cual se obtiene al aplicar el algoritmo de hash MD5 a la llave privada proporcionada por el usuario, la cual puede ser de longitud arbitraria y puede contener caracteres alfanuméricos y símbolos especiales. Esta aplicación se ejecuta como un comando de consola y se le especifican varios parámetros entre ellos el nombre del archivo a cifrar o descifrar, la llave privada y opcionalmente el número de hilos a utilizar. Si el número de hilos no se especifica, por omisión es igual al número de núcleos del procesador.



Figura 1. Proceso paralelo de cifrado de datos

4.1 Implementación lenguaje C

Una aplicación fue programada en lenguaje C bajo un sistema operativo Linux, los

componentes de la aplicación se muestran en la Figura 2. Se distribuyó el funcionamiento esencial del programa en cuatro cabeceras:

- aes-mt-common.h: Define constantes, variables, macros y funciones comunes del proyecto. Hace uso de la biblioteca “sys/sysinfo.h” para obtener el número de núcleos que posee el procesador.
- aes-mt-outman.h: Gestiona los tiempos de acceso al flujo de salida.
- aes-mt-crypto.h: Interfaz para funciones básicas de cifrado. Hace uso de “openssl/md5.h” para obtener el picadillo de

la contraseña y “openssl/aes.h” para cifrar y descifrar bloques de datos.

- aes-mt-128-ecb.h: Permite cifrar AES-128 ECB en multihilo. Hace uso de “pthread.h” para gestionar hilos de ejecución.

Para que estas cabeceras tengan funcionalidad se escribió aes-mt-128-ecb.c que al compilarlo genera un ejecutable para ser utilizado en modo consola.

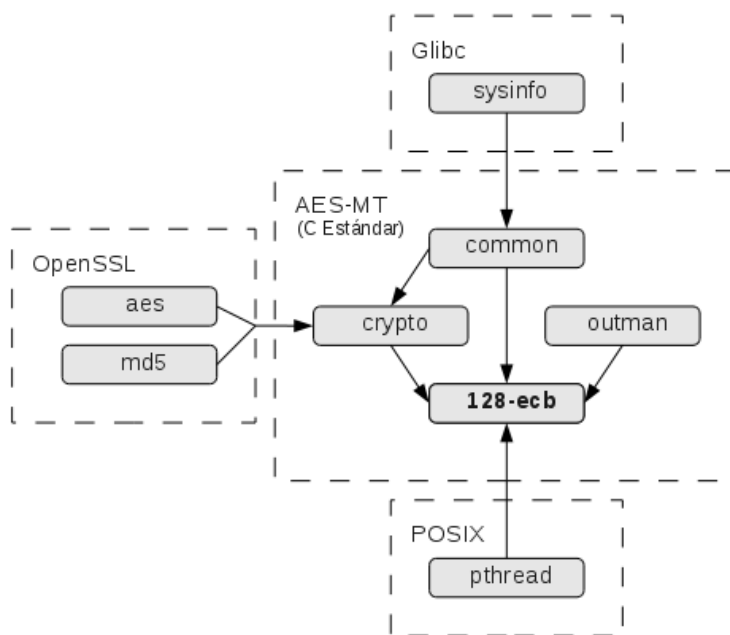


Figura 2. Componentes de la aplicación para cifrado de datos en paralelo.

El funcionamiento de la aplicación se detalla en la Figura 3. El programa recibe el archivo de entrada, y los demás parámetros, con esta información se calculan la longitud de cada segmento y la cantidad de memoria a utilizar, con la longitud de segmento se calcula y escribe o interpreta el padding del archivo. El programa lanza el procesamiento de cada segmento en un hilo, haciendo uso del hilo padre para el último segmento del archivo, evidentemente si solamente se ha indicado trabajar con un hilo el archivo se procesa en

forma secuencial. El procesamiento de cada segmento requiere un flujo individual de entrada al archivo para cargar a la memoria principal los datos leídos, cifrarlos o descifrarlos y solicitar escribir los datos al gestor de acceso al archivo de salida. Una vez finalizado el procesamiento del último segmento en el hilo padre, se esperará a que los demás hilos hayan acabado su proceso. La exclusión mutua del proceso de escritura se implementó por medio de un mecanismo de semáforo.

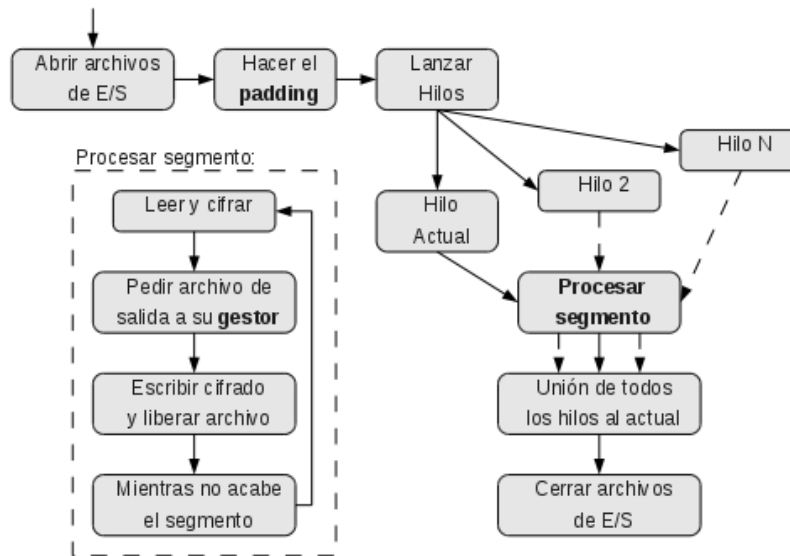


Figura 3. Funcionamiento de la aplicación de cifrado de datos en paralelo.

4.2 Implementación en lenguaje Java

La aplicación fue programada en lenguaje Java bajo un sistema operativo Linux, se distribuyó el funcionamiento esencial del programa en cuatro clases:

- Main.java: Clase principal, crea un objeto para cifrar o descifrar en paralelo de acuerdo a los parámetros que le fueron pasados en línea de comandos.
- Control.java: Esta clase efectúa el cifrado y descifrado en paralelo. Esta clase determina el número de núcleos del procesador, crea los hilos de ejecución, les informa el tamaño de bloque que van a procesar y escribe al archivo de salida cuando un hilo notifica que ha terminado su proceso. Hace uso de la clase `java.util.concurrent.CyclicBarrier` para el manejo de la concurrencia.
- Procesadores.java: Esta es una clase de apoyo para la clase Control, su función es la de cifrar o descifrar una parte del archivo de entrada. Define una posición inicial en el archivo a partir de la cual se leerán los bloques de 16 bytes, y efectúa un salto entre lectura y lectura dependiente del número de instancias de

esta clase, hasta llegar al final del archivo. Esta clase hace uso de la clase `javax.crypto.Cipher` para cifrar y descifrar bloques de datos.

- Hash.java: Calcula la función picadillo MD5 a partir de la llave secreta proporcionada por el usuario.

El funcionamiento de la aplicación en Java es similar al de la aplicación en lenguaje C como se detalla en la Figura 3.

5. RESULTADOS OBTENIDOS

Las pruebas de desempeño de la aplicación se realizaron en una computadora HP que cuenta con un procesador Intel Core 2 Quad a 2.4 GHz con 6 GB de memoria RAM con sistema operativo Mandriva Linux 2010. Las pruebas consistieron en cifrar archivos de datos de 1 MB, 5 MB, 10 MB, 50 MB, 100 MB, 500 MB y 1 GB con diferente número de hilos de ejecución que iban desde 2 hasta 20.

5.1 Desempeño de la aplicación en lenguaje C

Se realizaron dos pruebas, en la primera prueba se cifró cada tamaño de archivo

variando el número de hilos de ejecución desde 2 hasta 20. Se hicieron 10 corridas para cada número de hilos y se obtuvo el tiempo promedio de cifrado de cada corrida. Con los tiempos obtenidos en esta prueba se encontró, como lo muestra la Figura 4, que el número de hilos que proporciona la máxima aceleración es

7, aunque el número de núcleos del procesador es 4. Se observa también en esta prueba que en promedio el porcentaje de aceleración se mantiene constante desde los 3 hasta los 16 hilos, después de lo cual el desempeño empieza a disminuir.

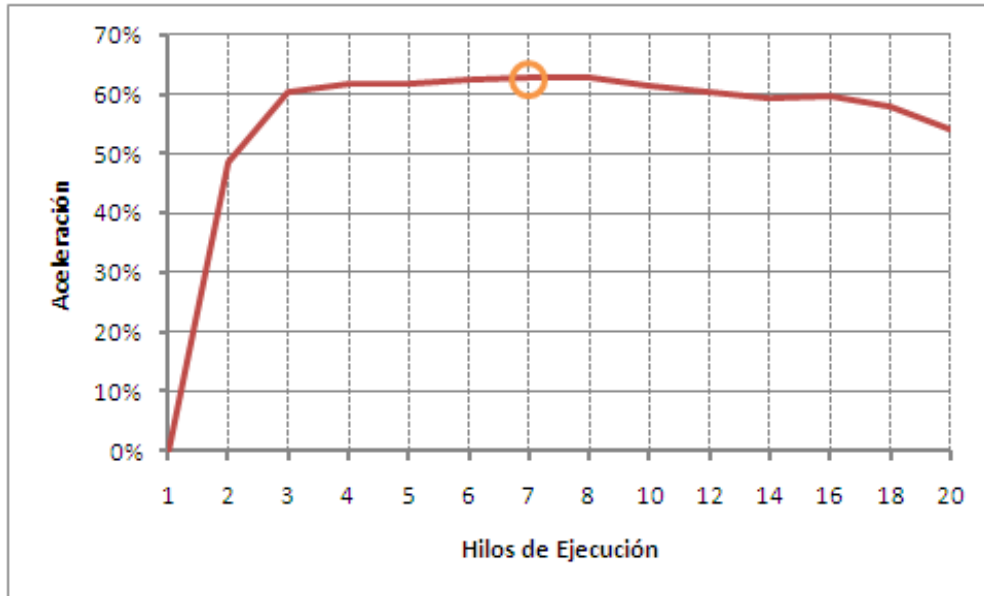


Figura 3. Porcentaje de aceleración por número de hilos comparado con proceso secuencial para aplicación en C.

La segunda prueba consistió en cifrar cada tamaño de archivo utilizando el número óptimo de hilos que proporciona en promedio la máxima aceleración, que en este caso fue de 7, para comparar los tiempos promedio obtenidos contra el tiempo del proceso secuencial. Los resultados obtenidos de esta prueba se

muestran en la Figura 5. Se observa que se obtiene una disminución modesta en el tiempo de cifrado a partir de archivos de 10 MB, pero que las mayores aceleraciones se obtienen a partir de tamaños de archivo de 100 MB en adelante.

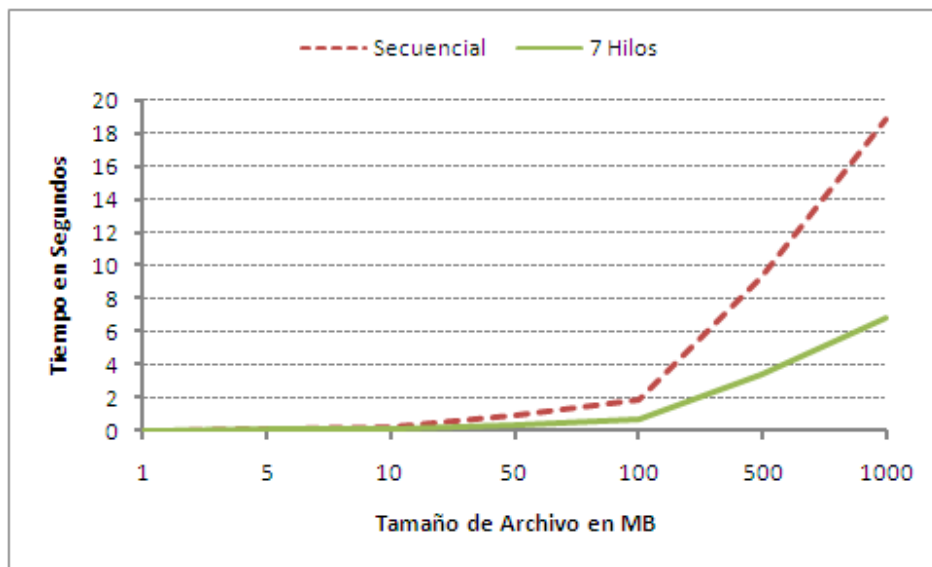


Figura 4. Tiempo de cifrado de proceso paralelo comparado contra proceso secuencial para aplicación en C

En la Tabla 1 se muestran los porcentajes de aceleración que se pueden obtener al utilizar 7 hilos de ejecución comparado contra el proceso secuencial. Se observa que para archivos menores de 10 MB el desempeño no mejora,

incluso empeora esto se muestra en la tabla con un porcentaje de aceleración negativo. A partir de tamaños de archivo de 10 MB el tiempo de cifrado se reduce obteniéndose hasta un 64 % de aceleración para archivos de 100 MB o más.

Tabla 1. Porcentaje de aceleración de cifrado que se obtiene al comparar el proceso con 7 hilos de ejecución contra el proceso secuencial para aplicación en C

Tamaño	Secuencial	7 hilos	% aceleración
1 MB	0.026 s	0.041 s	- 58 %
5 MB	0.104 s	0.112 s	- 0.16 %
10 MB	0.204 s	0.112 s	45 %
50 MB	0.981 s	0.423 s	57 %
100 MB	1.953 s	0.782 s	60 %
500 MB	9.332 s	3.387 s	64 %
1000 MB	18.880 s	6.840 s	64 %

5.2 Desempeño de la aplicación en lenguaje Java

Se realizaron dos pruebas, en la primera prueba se cifró cada tamaño de archivo variando el número de hilos de ejecución desde 2 hasta 20. Se hicieron 10 corridas para cada número de hilos y se obtuvo el tiempo promedio de cifrado de cada corrida. Los tiempos de cifrado promedio por número de hilos se compararon contra el proceso

secuencial para obtener el porcentaje de aceleración.

Como lo muestra la Figura 6, el número de hilos que proporciona la máxima aceleración es 5, aunque el número de núcleos del procesador es 4. Se observa también en esta prueba que con más de 5 hilos de ejecución el desempeño ya no mejora.

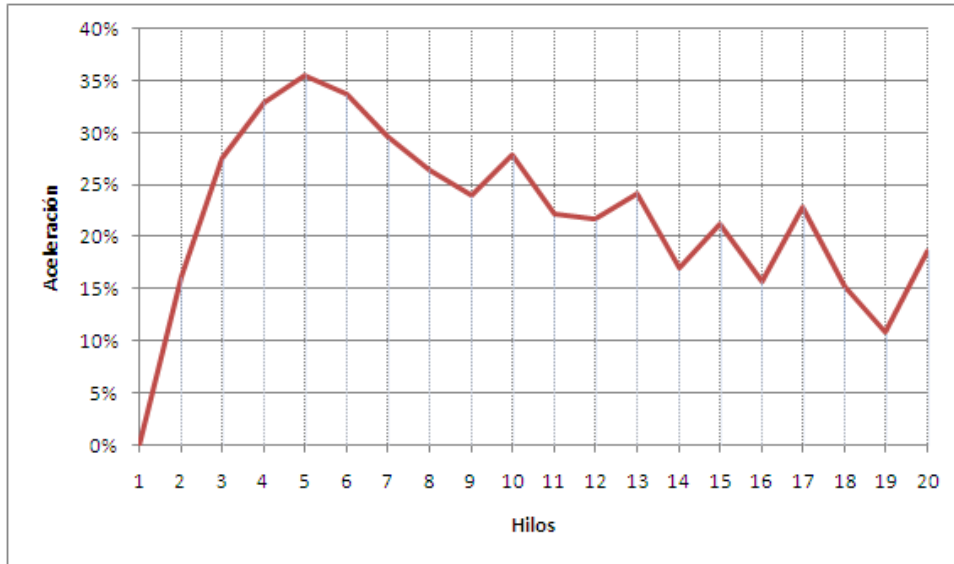


Figura 6. Porcentaje de aceleración por número de hilos comparado contra proceso secuencial para aplicación en Java.

La segunda prueba consistió en cifrar cada tamaño de archivo utilizando el número óptimo de hilos que proporciona en promedio la máxima aceleración, que en este caso fue de 5, para comparar los tiempos promedio obtenidos contra el tiempo del proceso secuencial. Los resultados obtenidos de esta prueba se

muestran en la Figura 7. Se observa que se obtiene una disminución modesta en el tiempo de cifrado a partir de archivos de 5 MB, pero que las mayores aceleraciones se obtienen a partir de tamaños de archivo de 50 MB en adelante.

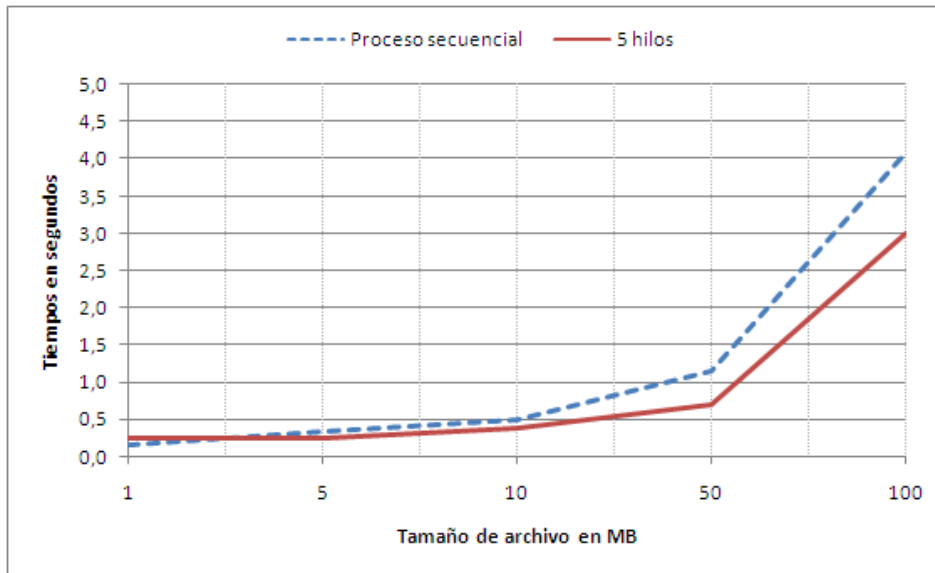


Figura 4. Tiempo de cifrado de proceso paralelo con 5 hilos comparado contra proceso secuencial para aplicación en Java.

En la Tabla 2 se muestran los porcentajes de aceleración que se pueden obtener al utilizar 5 hilos de ejecución comparado contra el proceso secuencial. Se observa que para archivos menores de 5 MB el desempeño no mejora,

incluso empeora esto se muestra en la tabla con un porcentaje de aceleración negativo. A partir de tamaños de archivo de 5MB el tiempo de cifrado se reduce obteniéndose hasta un 36 % de aceleración para archivos de 50 MB.

Tabla 2. Porcentaje de aceleración de cifrado que se obtiene al comparar el proceso con 5 hilos de ejecución contra el proceso secuencial.

Tamaño	Secuencial	5 hilos	% aceleración
1 MB	0.155 s	0.266 s	- 72 %
5 MB	0.327 s	0.257 s	21 %
10 MB	0.496 s	0.398 s	20 %
50 MB	1.148 s	0.734 s	36 %
100 MB	4.078 s	2.996 s	27

6. CONCLUSIONES

La versión paralela del algoritmo para ambas implementaciones tiene un mejor desempeño que la versión secuencial. Para la aplicación en lenguaje C la aceleración en el tiempo de cifrado se obtiene en archivos cuyo tamaño es mayor o igual a 10 MB, y utilizando 5 o más hilos de ejecución. Para la aplicación en Java la aceleración en el tiempo de cifrado se obtiene en archivos cuyo tamaño es mayor o igual a 5 MB, y utilizando 5 hilos de ejecución. En ambas aplicaciones se observó que entre más grande es el archivo mayor es la aceleración que se obtiene, al menos hasta tamaños de archivo de hasta 1 GB para la aplicación en C y 50 MB para la aplicación en Java. Un número de hilos mayor a 5 ya no mejora significativamente el desempeño e incluso lo puede empeorar, esto puede ser explicado por un lado por la ley de Amdahl y por otro lado por la sobrecarga que impone al proceso y al sistema operativo manejar un número de hilos grande. Podemos concluir que esta implementación paralela del algoritmo AES es recomendada para tamaños de archivo mayores a 50 MB, para tamaños de archivo menores a 10 MB el algoritmo paralelo no es eficiente y es preferible utilizar el proceso secuencial.

7. LITERATURA CITADA

Amdahl & Gene. 1967. "Validity of the Single Processor Approach to Achieving Large-

Scale Computing Capabilities". AFIPS Conference Proceedings (30), pp. 483--485.

Caltagirone, C. and Anantha, K.: "High throughput parallelized 128-bit AES encryption in a resource-limited FPGA". In: Proceedings of the Fifteenth Annual ACM Symposium on Parallel Algorithms and Architectures, pp. 240—241, New York, NY (2003) DOI=<http://doi.acm.org/10.1145/777412.777450>

ICT Results. 2008. "Pushing the Limits of Computer Chip Miniaturization". ScienceDaily, <http://www.sciencedaily.com/releases/2008/01/080112083626.htm>

Kanellos M. (19-April-2005), http://news.cnet.com/New-life-for-Moores-Law/2009-1006_3-5672485.html. Retrieved 2009-03-19

Karniadakis G. E., Kirby R. M. 2003. "Parallel Scientific Computing in C++ and MPI". Cambridge University Press.

Merida J. L. (12-Abril-2007). "Procesadores multinucleo: el futuro de los videojuegos". *VX Vida Extra*, <http://www.vidaextra.com/pc/procesadores-multinucleo-el-futuro-de-los-videojuegos>

- Moore G. “*Cramming more components onto integrated circuits*”. Electronics magazine, Volume 38, No. 8, April 19, (1965). DOI=
<http://doi.acm.org/10.1145/1057661.1057697>
- NIST. 2000. “*Report on the Development of the Advanced Encryption Standard (AES)*”. 2000.
- NIST. 2001. “*Announcing the ADVANCED ENCRYPTION STANDARD (AES)*”, November 2001.
- Qin, H., Sasao, T., and Iguchi, Y. : “*An FPGA design of AES encryption circuit with 128-bit keys*”. In: Proceedings of the 15th ACM Great Lakes Symposium on VLSI (Chicago, Illinois, USA, April 17 - 19, 2005). GLSVLSI '05. ACM, New York, NY, pp. 147--151.
- Rojas E. (25-Junio-2009). “*Procesadores Multinucleo*”. Muy Computer Pro, http://muycomputerpro.com/FrontHome/wE9ERk2XxDDhIJ0RD_R1IKmCbSv9pocMReyxwkJKVvkCesotAICDaDowioiKkfU
- Stallings W. “*Cryptographic and Network Security Principles and Practices*”, pp. 11--14,353. Prentice Hall (2005).

CONFIGURACIÓN Y ANÁLISIS DE ZONAS DE OPERACIÓN EN RELEVADORES DE DISTANCIA CON EL USO DEL ALGORITMO DE LA ECUACIÓN DIFERENCIAL

B. H. Vázquez-Córdova¹, J. Rodríguez-Cartagena² & H. Cisneros-Villegas².

¹Instituto Tecnológico de Morelia, Programa de Graduados en Ingeniería Eléctrica, Av. Tecnológico # 1500, Colonia Lomas de Santiaguito C.P. 58120, Morelia Michoacán; ²Instituto Tecnológico De Ciudad Madero, División de Estudios de Postgrado e Investigación, Juventino Rosas y Jesús Urueta, Col. Los Mangos C.P. 89440, Cd. Madero Tamaulipas.
bryanhademar@hotmail.com, Juan_rodcar@hotmail.com, hcvillegas@yahoo.com.mx

RESUMEN: La protección de distancia consiste en la simulación del sistema de potencia en el programa ATP y el algoritmo en Matlab para determinar su precisión y límites de actuación. Este algoritmo ha sido probado por investigadores con parámetros lo más ajustado a la realidad. Una línea de transmisión de 400 KV es simulada y los resultados son obtenidos monofásicos a 10%, 50% y 90% del total de la longitud de la línea.

PALABRAS CLAVE: Butterworth, Matlab, inductancia, línea de transmisión.

ABSTRACT: The distance protection consists on the simulation of the power system in the program ATP and the algorithm in the Matlab to determine its precision and performance limits. This algorithm has been tested by investigators with the parameters most adjusted to the reality. A transmission line of 400 KV is simulated and the results are obtained for a single-phase, to 10%, 50% and 90% of the total longitude of the line.

KEY WORDS: Butterworth, Matlab, inductance, transmission line.

1. INTRODUCCION

La línea de transmisión es el elemento más común de los que conforman las redes eléctricas. En conjunto, estos elementos constituyen las arterias a través de las cuales fluye la energía eléctrica desde centros de generación hasta centros de consumo.

En las líneas de transmisión cuatro parámetros afectan el desempeño de los conductores conectados de una fuente a la carga: resistencia, inductancia, capacitancia paralelo, y conductancia en paralelo. Por esta razón, la determinación rápida de una falla con una precisión aceptable facilita la restauración oportuna del suministro eléctrico, dando como resultado mejoras en la seguridad y confiabilidad del sistema de potencia. Es muy importante que el sistema no se quede sin suministro de energía (Himcapié R., 2004), esto garantiza que la operación y funcionamiento sea de calidad, permitiendo que funcione. En el caso de ocurrir un corto circuito, en algunos casos esto tienen como consecuencia el rechazar grandes cantidades de carga, es decir que algunas cargas como

poblaciones y grandes compañías que demandan cantidades significativas de energía eléctrica se queden sin suministro eléctrico, ocasionando pérdidas económicas y energéticas.

2. OBJETIVO

En este trabajo por medio de software (ATP y Matlab) se simula una falla monofásica, con el uso de filtros digitales. El Modelo a utilizar será una línea de transmisión con parámetros distribuidos con una nivel de tensión de 400 KV y una longitud de 300 Km. con un calibre del conductor 1113 ACSR, hilo de guarda es Alumoweld 3/8 de diámetro.

3. MODELO DE LÍNEA DE TRANSMISIÓN BAJO ESTUDIO EN ATP

En líneas de transmisión los parámetros que afectan los conductores conectados de una fuente a la carga, los mismos procedimientos de cálculo son usados para estimar los valores de estos. Por esta razón, es común usar la palabra línea y se clasifican según su distancia; largas, medias, cortas. Frecuentemente en sistemas de potencia las

líneas largas son arriba de 150 millas y se representan por las constantes distribuidas a un modelo reducido a un equivalente π .

Para el modelado de la línea (Atp analyzer, 2001) se considera un diagrama unifilar, este diagrama en las ventanas de los elementos correspondientes se introducen los valores de líneas, TCs, TPs, generadores, etc.

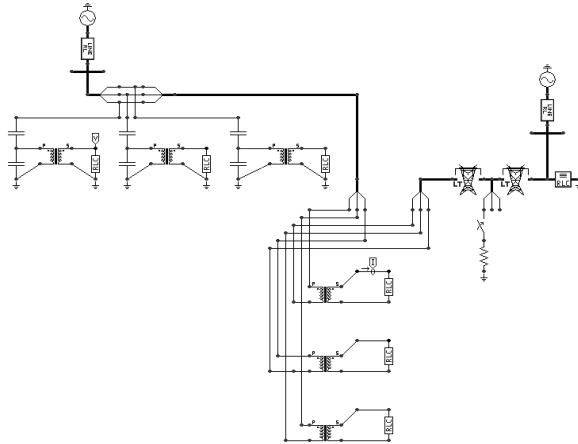


Figura 1. Representación del modelo de la línea de transmisión en el programa ATP.

Una vez que la información es introducida se procede a guardar el modelo de línea (Prikler & Høidalen, 2002) La distribución geométrica de los conductores lo podemos apreciar en la figura 2.

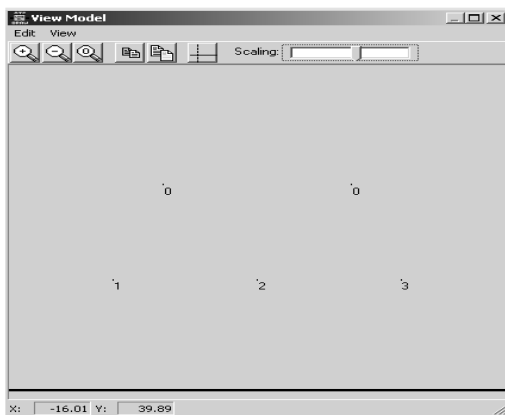


Figura 2. Distribución geométrica de los conductores.

4. LA ECUACIÓN DIFERENCIAL PARA EL MODELO EN MATLAB

El algoritmo de la ecuación diferencial consiste en modelar un sistema de potencia en lugar de considerar el modelo de la señal, para el desarrollo del algoritmo se considera el equivalente monofásico de una línea en falla mostrado en la figura 3.

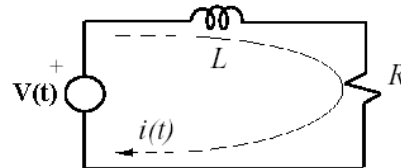


Figura 3. Modelo de un circuito serie R-L de una línea de transmisión

$$R I_1(t) + L \frac{di_1}{dt} = V_1(t) \quad (1)$$

Si se considera que la falla ocurre a una distancia determinada, es posible expresar la ecuación diferencial de la siguiente forma.

$$\kappa_R R I(t) + \kappa_L L \frac{di}{dt} = V(t) \quad (2)$$

Donde κ_R y κ_L son los valores que representan los estimados en por unidad de la línea de transmisión, las magnitudes de voltaje $V(t)$ y corriente $I(t)$ son determinadas por las magnitudes medidas por los transformadores de corriente y potencial, los valores R y L son conocidos y dependientes de la línea por lo tanto es posible estimar la distancia a la falla resolviendo una ecuación diferencial en términos de los estimados a la longitud del punto fallado.

Analizando cada elemento de la ecuación e integrando para obtener la solución (Akke & Thorp, 1998) de la ecuación diferencial tenemos:

$$(3) \quad \kappa_R R \int_t^{t_1} I(t) + \kappa_L L \int_t^{t_1} \frac{di}{dt} = \int_t^{t_1} V(t) dt$$

$$\kappa_R R \int_{t_1}^{t_2} I(t) + \kappa_L L \int_{t_1}^{t_2} \frac{di}{dt} = \int_{t_1}^{t_2} V(t) dt$$

$$(5) \quad \kappa_{\ell} = \frac{\Delta t}{2} \left[\frac{(\lambda_1 + \lambda)(v_2 + v_1) - (\lambda_2 + \lambda_1)(v_1 + v)}{(\lambda_1 + \lambda)(\lambda_2 - \lambda_1) - (\lambda_2 + \lambda_1)(\lambda_1 \lambda)} \right]$$

Siendo el valor de la inductancia el valor más significativo y calculando κ_R , se realiza el código fuente en MATLAB, donde $\kappa_{\ell}L = \kappa L$ como $\kappa_R = \kappa$ en por unidad de la longitud de la línea de transmisión con una base de 100% de la zona a proteger (Osál & Garcia, 2006). A continuación se escribe el código fuente en términos de una señal de tiempo discreto, en tiempos de muestra $k+2$, $k+1$, k .

```

Command Window
*****
k=n; % Pertenecce a la dimensión de la matriz.
n=m; % Pertenecce a la dimensión de la matriz.
T=t(k:n-2); KB=vKb(k+2:n);
%Calculo de Parametros Base
Iks=iIcC(k:n-2); Ik=filter(Hd,Iks);
Ik1s=iIcC(k+1:n-1); Ik1=filter(Hd,Ik1s);
Ik2s=iIcC(k+2:n); Ik2=filter(Hd,Ik2s);
Vks=vVc(k:n-2); Vk=filter(Hd,Vks);
Vk1s=vVc(k+1:n-1); Vk1=filter(Hd,Vk1s);
Vk2s=vVc(k+2:n); Vk2=filter(Hd,Vk2s);
N=(1/t1)*(Vk2+Vk1).*(Ik1+Ik)-(Ik2+Ik1).*(Vk1+Vk);
D=(Ik1+Ik).*(Ik2-Ik1)-(Ik2+Ik1).*(Ik1-Ik);
% Filtrado del numerador y denominador
NF=filter(Hd,N); DF=filter(Hd,D);
K=NF./DF;
KL=K./KB;
KLF=filter(Hd,KL);
kl=KLF;
kl=KM*KLF;
*****
    
```

Figura 4. Código fuente en Matlab para la obtención de la distancia al punto fallado.

Al utilizar un filtro y Convirtiéndolo a una estructura DF1SOS, implícita en la configuración de filtros en el Comando “filtDES” de Matlab. Se utiliza la herramienta “fvtool” de Matlab. Las siguientes constantes se declararan en el programa:

Fs = 30001; **Fn** = Fs/2; **Fco** = 500.

Donde:

- Fs** = Frecuencia de muestreo.
- Fn** = Frecuencia de la señal muestreada.
- Fco** = Frecuencia de corte.

En el caso de la señal obtenida cuando se utiliza el filtro Butterworth pasando por tres etapas, la primera es el filtrado del numerador con un filtro a frecuencia de 500 Hz al igual que el denominador además del filtrando el estimado

al punto fallado y posteriormente se aplica el mismo método pero en este caso con un filtro a una frecuencia de 300 Hz, en esta última etapa la distancia a la falla tiene una mejor aproximación.

La figura 5 muestra el resultado de la simulación con la obtención del elemento inductivo al punto de falla, y muestra la distancia al punto de falla, que es 30 Km.

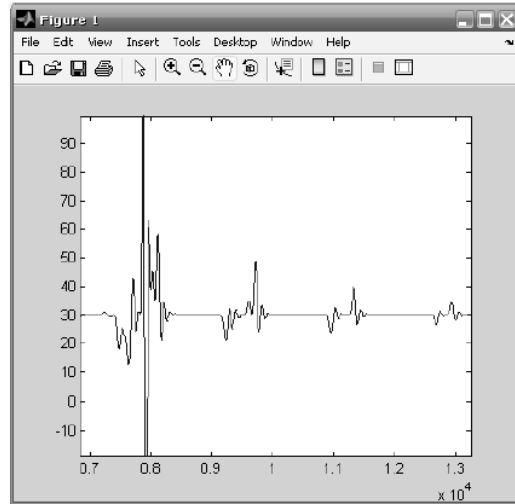


Figura 5. Elemento kl, distancia al 10% de la línea de transmisión.

5. APERTURA DE INTERRUPTORES DE LA LÍNEA DE TRANSMISIÓN Y LOCALIZACIÓN DEL ESTIMADO AL PUNTO FALLADO

La localización de la falla en la línea de transmisión está en función del tiempo en que el relevador toma la decisión de disparo hasta el tiempo de apertura del interruptor.

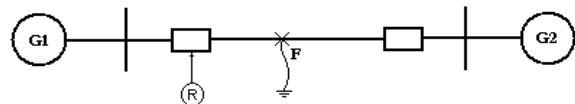


Figura 6. Falla en el sistema de potencia bajo estudio.

Para la apertura del interruptor en el sistema de potencia la falla es simulada en 0.05 seg., el tiempo de apertura es de 0.039 seg.

La rápida respuesta y selección de la zona de protección facilita la pronta restauración del

sistema (Wag, 1999). La siguiente figura muestra la distribución de las zonas de operación del relevador para la línea de transmisión bajo estudio.

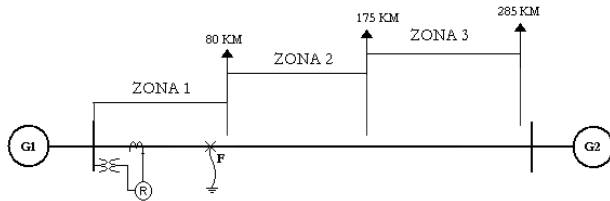


Figura 7. Zonas de operación del relevador en línea de transmisión bajo estudio.

De las zonas de operación (Russell, 1980) del relevador de distancia se realiza el código fuente en Matlab, con ajuste en alcances.

```

Command Window
>> figure
title('Característica de Impedancia')
xlabel('R')
ylabel('X')
grid
hold on
t = 0:pi/20:2*pi;
[x,y] = meshgrid(t);
plot(r1+z*sin(t),x1+z*cos(t),'g') %Delimitación de la zona 1
hold on
plot(r2+z2*sin(t),x2+z2*cos(t),'y')%Delimitación de la zona 2
hold on
plot((r3+z3*sin(t),x3+z3*cos(t),'m')%Delimitación de la zona 3
    
```

Figura 8. Código fuente para delimitación de las zonas de operación del relevador.

La localización de la falla, la decisión de disparo están en función de la rapidez con la que se detecto, el algoritmo detecta la falla y localiza la zona en la cual ocurrió. En la figura 9 se muestra la operación y selección de zonas del relevador.

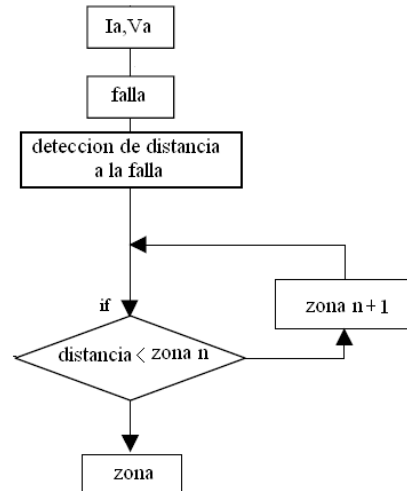


Figura 9. Diagrama de bloques para zonas de operación del relevador.

La línea de comandos que se muestra en la figura 10 se establece los valores de ajuste para las zonas de protección.

```

Command Window
if distancia < 80
% zona=1
fprintf(1,'Falla en Zona 1.\n');
plot(Tiempo,dist);
ylabel('localizacion (m)')
xlabel('tiempo de apertura de interruptor(s)'),grid
fprintf(1,'Disparo de interuptor en 0.039s.\n')
fprintf(1,'Distancia de la falla = %g km \n' , distancia)
else
if distancia < 175
%zona=2
fprintf(1,'Falla en Zona 2.\n');
plot(Tiempo,dist);
ylabel('localizacion (m)')
xlabel('tiempo de apertura de interruptor(s)'),grid
fprintf(1,'Disparo de interuptor en 0.039s.\n')
fprintf(1,'Distancia de la falla = %g km \n' , distancia)
else
if distancia < 285
%zona=3
fprintf(1,'Falla en Zona 3.\n');
plot(Tiempo,dist);
ylabel('localizacion (m)')
xlabel('tiempo de apertura de interruptor(s)'),grid
fprintf(1,'Disparo de interuptor en 0.039s.\n')
fprintf(1,'Distancia de la falla = %g km \n' , distancia)
else
%fuera
fprintf(1,'Falla fuera de la Zona de Proteccion.\n')
end
end
end
end
    
```

Figura 10. Código fuente para apertura de interruptores en las zonas de operación del relevador.

La localización de la falla es mejor tener un aproximado en forma numérica en lugar de tener una curva, en la curva se puede apreciar el estimado hasta un ciclo después de la falla.

En forma numérica se obtiene el estimado hasta 7ms de ocurrida la falla aplicando “ $\text{distancia} = \text{sum}(kl)/\text{length}(kl)$ ” en Matlab.

Los parámetros y las zonas de operación en el diagrama r-x son obtenidos del estudio del algoritmo de la ecuación diferencial para una falla monofásica, los resultados son los siguientes:

```

Command Window
1 archivos copiados.
1 archivos copiados.
Falla en Zona 1.
Disparo de interruptor en 0.039s.
Distancia de la falla = 30.1613 km
>> |
    
```

Figura 11. Estimado al punto fallado, falla simulada a 30 Km.

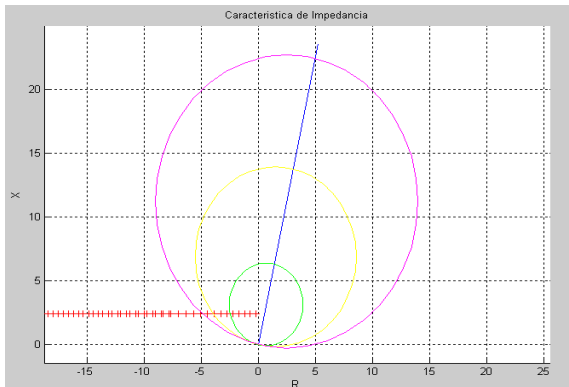


Figura 12. Operación y detección para una falla simulada al 10% con la característica de impedancia.

```

Command Window
1 archivos copiados.
1 archivos copiados.
Falla en Zona 2.
Disparo de interruptor en 0.039s.
Distancia de la falla = 152.405 km
>> |
    
```

Figura 13. Estimado al punto fallado, falla simulada a 150 Km.

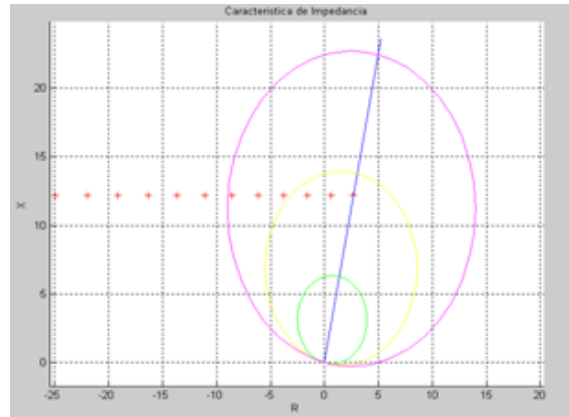


Figura 14. Operación y detección para una falla simulada al 50% con la característica de impedancia.

```

Command Window
1 archivos copiados.
1 archivos copiados.
Falla en Zona 3.
Disparo de interruptor en 0.039s.
Distancia de la falla = 273.223 km
>> |
    
```

Figura 15. Estimado al punto fallado, falla simulada a 270 Km.

```

Command Window
1 archivos copiados.
1 archivos copiados.
1 archivos copiados.
Falla fuera de la Zona de Protección.
>> |
    
```

Figura 16. Detección para una falla simulada fuera del alcance del relevador con la característica de impedancia.

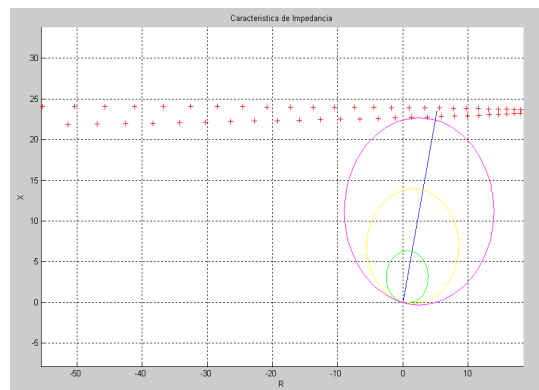


Figura 17. Detección para una falla fuera de la zona protegida.

En la zona protegida se aprecia como el cortocircuito entra en la zona de operación, el algoritmo de la ecuación diferencial calcula el estimado al punto fallado y la decisión de disparo puede ser tomada por el relevador de impedancia o por la distancia al punto fallado, ajustando los valores de referencia respectivamente.

Tanto para la falla al 10%, 50% y 90% de la longitud de la línea de transmisión, el estimado al punto fallado se puede obtener junto con la zona. Además, si la falla ocurre fuera de la zona de protegida el relevador no opera. En las simulaciones hechas en Matlab se aprecia numérica y gráficamente la operación del relevador con la distancia al punto fallado con una buena aproximación.

6. CONCLUSIONES

La distancia al punto fallado en el elemento resistivo para la falla al 10% muestra una localización de 30.16 Km. Aunque comparando el elemento inductivo contra el elemento resistivo, tiene más precisión y es más rápido el elemento inductivo, la distancia aproximada al punto fallado para kl es de 30 Km. y en el ciclo 4, 5 y 6 se mantiene un estimado constante de 30.16 Km.

El punto fallado en el elemento resistivo, para la falla al 50% muestra una distancia de localización de 152.4 Km. comparando el elemento inductivo contra el elemento resistivo tiene mucho más información además es más rápido el elemento inductivo, la distancia aproximada al punto fallado para kl es de 152 Km., en el ciclo 4, 5, y 6 se mantiene un estimado constante de 153 Km.

La localización de falla en el elemento resistivo para el 90%, muestra una distancia de localización aproximada de 273 Km. comparando el elemento inductivo contra el elemento resistivo tiene más información y es más rápido el elemento inductivo. Para la falla al 90% el algoritmo no es tan rápido comparado con la falla al 10% y 50%, sigue mostrando información significativa en los 3 primeros ciclos.

En las simulaciones realizadas para el elemento inductivo y el elemento resistivo para los

instantes a 15° , 30° , 90° , 140° , 270° el comportamiento es el mismo para estos instantes al 10%, 50% y 90% con carga y sin carga debido a que la magnitud y la frecuencia del estimado al punto fallado es el mismo. Para la falla monofásica en el cruce por cero tenemos:

En las simulaciones realizadas para el elemento inductivo y el elemento resistivo para los instantes a 15° , 30° , 90° , 140° , 270° el comportamiento es el mismo para estos instantes al 10%, 50% y 90% con carga y sin carga, en el instante cero de la magnitud de voltaje, el error aumenta conforme se acerca a los transformadores de instrumento. Comportamiento inverso para los instantes diferentes de cero, entre más cerca este de los transformadores de instrumento el estimado al punto fallado disminuye.

7. LITERATURA CITADA.

- Akke M. y J. Thorp. 1998. Some improvements in the three-phase differential equation algorithm for fast transmission line protection. IEEE Transactions on Power Delivery. 13 (1): 66-72.
- Atp analyzer, post-processor for atp version 2.03. 2001 P.p. 113-153.
- Himcapié R. 2004. Aplicación de redes Neuronales artificiales en la protección de distancia en líneas de transmisión. Scientia et Technia. 24 (1): 97-102.
- Osál-Herrera W. J. y M. Garcia-Gracia. 2006. Distance protection algorithm based differential equation. Rev. Tec. Ing. Univ. Zulia, 29 (1):74-82.
- Prikler L. y H. K. Høidalen. 2002. Atpdrow, Users' Manual. P.p. 10-54.
- Russell-Mason C. 1980. El arte y la ciencia de la protección por relevadores. B John Wiley & Sons, inc. P.p. 98-130.
- Wag L. 1999. Frequency responses of phasor-based microprocessor relaying algorithms. IEEE Transaction on Power Delivery. 14 (1): 12.



SECRETARÍA DE
EDUCACIÓN PÚBLICA

SEP

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

- Presentar solicitud por escrito justificando su ingreso a la Maestría en Ciencias en Biología.
- 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.
- Presentar currículum vitae con copias de documentos que amparen el mismo.
- Comprender el idioma inglés.
- Dos fotografías tamaño credencial.
- Acreditar el examen de admisión.
- Carta compromiso para asegurar el término en 2 años de los estudios de maestría.
- Involucrarse 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 2 años y consta de 5 materias básicas, 6 optativas y elaboración de una tesis.

Áreas disponibles actualmente para investigación y desarrollo de tesis:

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

PLANTA DOCENTE

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

Castro Arellano Iván, Ph.D. Texas A & M University. USA. Mastozoología y Ecología

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

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.

Maldonado Reyes Araceli, Dra. CINVESTAV-IPN

Moreno Valdez Arnulfo, Ph.D. Texas A & M University, USA. Ecología y Conservación de Mamíferos.

Almaguer Sierra Pedro, Dr. UANL. Conservación de Suelos y Agrometeorología.

Escamilla Gallegos Oscar S., Dr. U.A.T. Nutrición y Forrajes.

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

González Gaona Othón J., Dr. ITESM. Entomología y Toxicología.

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
Tels. (834) 31 3 06 61, 3 06 62 Fax (834) 31 3 36 46
Pág.: <http://maestriaenbiologia.com>;
<http://www.itvictoria.edu.mx>
E-mail: ludivinab@yahoo.com



CONVOCATORIA PARA PUBLICAR EN TecnoINTELECTO: 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.

1.1. 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 TecnoINTELECTO: ludivinab@yahoo.com, ludibarrientos@prodigy.net.mx. 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.

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

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

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.,".

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 señalar después del título si es profesional o de grado.

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.

Nota: Los autores deben apegarse a las normas editoriales señaladas arriba.

Instituto Tecnológico de Cd. Victoria

División de Estudios de Posgrado e Investigación-Coordinación Editorial
TecnolINTELECTO. Dra. Ludivina Barrientos Lozano. ludivinab@yahoo.com
ludibarrientos@prodigy.net.mx