

TEMAS

Energías Alternas
Eficiencia Energética
Agua
Arquitectura Sustentable
Desarrollo Rural Sustentable
Seguridad Alimentaria
Salud Pública
Sistemas Integrales
Forestal/Silvicultura/Biodiversidad
Tratamiento de Residuos Sólidos
Riesgos y Peligros por Fenómenos
Naturales



REVISTA
INGENIANTES

Año I | No. I

Misantla, Veracruz, Diciembre, 2014

Directorio

Director General ITSM, México

Dr. José Alberto Gaytán García

Subdirectora Académica ITSM, México

M.S.I. Ana Lilia Sosa Y Durán

Director de Planeación y Vinculación ITSM, México

M.A. José Edgar Soto Meneses

Director de Servicios Administrativos ITSM, México

Mtro. Reyes Pérez y Cano

Cuerpo Editorial**Editor General**

Instituto Tecnológico Superior de Misantla

Editores

Ing. José Luis Fernández Jiménez

Ing. Erika Adrienne Bandala Martínez

Comité de Revisión

Dr. Emiliano Maletta CIEMAT, España

Dr. Luis Mejía Macario ITSM, México

Dr. Gregorio Fernández Lambert ITSM, México

Dr. Adrián Arredondo ITSM, México

Dr. Alejandro del Rey Torres Rodríguez ITSM, México

Dr. Gerardo Vázquez Guzmán ITESI, México

Dr. Pánfilo Raymundo Martínez Rodríguez ITESI, México

M.I.A Roberto Ángel Meléndez Armenta ITSM, México

M.C. Luz Jazmín Villagrán Villegas IPN, México

M.I. Ignacio Hernández Reyes ITSC, México

M.I. Oscar Omar Cuin Macedo ITESI, México

M.I. Fernando Jurado Pérez ITESI, México

M.C. José Guadalupe Barrera ITESI, México

Corrección de Estilo

Lic. Jorge Obdulio Gerón Borjas ITSM, México

Diseño Editorial

Lic. Erik Balderas González ITSM, México

Lic. Guillermo Carmona Villegas ITSM, México.

Distribución

Publicación electrónica disponible en <http://ciit.itsm.edu.mx>

Correo electrónico: revista.innovacion.st@itsm.edu.mx

Introducción

La revista digital **“Innovación & Sustentabilidad Tecnológica”** del Instituto Tecnológico Superior de Misantla, tiene como objetivo divulgar investigaciones científicas realizadas por docentes e investigadores del Tecnológico Nacional de México, Centros de Investigación e Instituciones de Educación Superior.

En esta primera edición se presentan y compilan investigaciones con alto impacto innovador y sustentable, alineadas a las temáticas del programa Agenda Verde del Tecnológico Nacional de México, en su décima edición del Congreso Internacional de Agenda Verde realizado en Los Cabos Baja California Sur.

La mitigación y la adaptación al cambio climático, ha sido un reto que ha representado desde sus inicios un desafío para la comunidad académica nacional e internacional, lo que conlleva a la creación de soluciones de gran impacto para el sector social, público y privado. Sin duda alguna el Tecnológico Misantla ha sido líder en este tema, al coordinar programas sustentables exitosos como la red Agenda Verde, hoy en día “Programa Verde del Tecnológico Nacional de México (TNM)”. Esta publicación está dirigida al público en general con interés en las temáticas expuestas.

Contenido

Agua-watter

Análisis del potencial de la tecnología de congelación/fusión para la desalinización del agua de mar utilizando la energía termo solar 10

Castillo Téllez B., Pilatowsky Figueroa I., Castillo Téllez M., López Vidaña Erick César

Planta desalinizadora para la ciudad de Coatzacoalcos utilizando energía sustentable 21

Echeverría Dionisio Ted, Gómez Melgoza Diana A., Martínez Santos Luis Á., Eric Hernández González J.

Diseño y construcción de un prototipo Hidro-Arbol para captar, potabilizar y purificar agua de lluvia. 27

H.A. Bravo Quintero, A. Carrera Melchor, A.K. Reyes Viveros, I. Aburto Ruiz, D. Aguayo Siqueiros

Biodiesel

Proceso para la obtención de Biodiesel de Higuierilla..... 24

Sandoval-Salas Fabiola, Méndez-Carretero Carlos, Solano-Rentería Isabel, Cuevas Suárez Carlos, Cortés Mariano Nayeli y Hernández Ochoa León Raúl

Reacciones de hidrólisis y metanólisis de aceite de olivo por catálisis enzimática para la síntesis de Metil Ésteres.....40

*Toscano Palomar L., Estarrón Espinoza M., Stilianova
Stoytcheva M., Cervantes Díaz L.*

**Método para la determinación de la factibilidad de instalación
de plantas productoras de biodiesel en ciudades de tamaño
medio 47**

*Solano-Rentería María Isabel, Sandoval-Salas Fabiola,
Méndez- Carreto Carlos y Zetera Díaz Abigail*

Cambio Climático

Transporte de aerosoles hacia el golfo de California 53

Martínez Flores G., Segovia Zavala J. A. García Álvarez Y.

Desarrollo sustentable

Educación ambiental detonante del desarrollo sustentable. 61

Jasso Ibarra S. L., Sánchez Montemayor J.

**Evaluación de un programa de educación ambiental
mediante una estación de lombricomposta dirigido a niños
de primaria en el estado de Tabasco 66**

*Hernández Hernández Guadalupe, Arias-Santos Nely Nayeli, Aguilar
May Bily, De la Rosa González Erika*

**El mezcal de Durango, México: un análisis histórico,
biológico y económico para su producción sustentable 75**

*Rosas Medina Imelda, Colmenero Robles Aurelio, Naranjo Jimenez
Néstor, Rodríguez García Jair Hissarly*

Eficiencia energética

Consumo eléctrico en una región desértica de clima extremo Impacto social regresivo a partir del diseño tarifario residencial; el caso de Mexicali, Baja California. 83

Sández Pérez Agustín, García Leos Norma

Design of self-oscillating electronic ballast with high efficiency and high power factor 91

Juárez M.A., Martínez P.R., Vázquez G, Sosa J., Valtierra M., Ponce M.

Tendencias de consumo de energía eléctrica en el Instituto Tecnológico de Culiacán: caso de estudio..... 105

Dr. Reynol Díaz Coutiño, M.I Cynthia Lidieth Rojas Espinoza

Energía eólica

Metodología para el diseño aerodinámico de las aspas de una turbina eólica pequeña 111

Rosado Hau N., M.I., Gamboa-Marrufo M., D.Phil

Aerogenerador de eje vertical para aplicaciones In-situ..... 120

M.C Barrera Valdés J. G, M.I. Jurado Pérez F., M.I. Razo Hernández J. R., M.C. González Cabrera N.

Energía solar

Diseño de un desalinizador solar para la zonas costeras en el estado de Tabasco 129

Arias-Santos N.N., Aguilar-May B. Jiménez Flores L.

Innovación en un panel solar de alto rendimiento..... 136

Valles Chávez A. Doctor, Lozano Valtierra E.J., Alcantar Olguin R.

Forestal y silvicultura

Determinación del coeficiente y calidad de aserrío en la unidad especializada de aprovechamiento forestal comunal de Santa Cruz Itundujia, Putla, Oaxaca..... 144

Martínez Santiago Daniel; Ortiz Barrios Rosalino; Santiago Juárez Waldo

Calidad de semilla de palmas *Chamaedorea tepejilote* Liebm y *Chamaedorea metallica* O.F. Cook ex H. E. Moore 151

Sánchez Ramírez M. L., Campos Ángeles G. V., Coello Castillo M. M, Velasco Velasco V. A. Rodríguez Ortiz Gerardo

Reforestación y rescate de especies nativas forestales en las unidades habitacionales aledañas a la ciudad industrial y el Instituto Tecnológico de Villahermosa. 157

Guzmán Ramón Elena , Anell Ruiz Rosa María, Ramírez Espín María Antonieta, Oropeza Tosca Diana Rubí

Riesgos y peligros por fenómenos naturales

Erosión en la playa sur de la ciudad de Loreto, BCS. Por influencia Atropogénica 164

Nava-Sánchez Enrique Hiparco, Martínez Flores Guillermo, Navarro Lozano José Octavio

Salud pública

Oxidative stress is related with obesity and the polymorphisms g-2548a of the leptin gene (*lep*) and q223r of the leptin receptor gene (*lepr*) in tepehuano and mestizo populations of Mexico.....158

Delgadillo-Guzmán Dealmy, Cuéllar-Cruz Mayra, Reyes-Romero Miguel Arturo, Quintanar-Escorza Martha Angélica

Seguridad alimentaria

Aprovechamiento del hongo *Matsutake tricholoma magnivelare* (peck) redhead en Durango, México..... 180

Naranjo Jiménez Néstor, Sánchez López Diana L., Herrera Corral Jesús, Uribe Soto Natividad, Almaraz Abarca Norma, Rosas Medina Imelda, Colmenero Robles Aurelio

Sistemas inteligentes

Workcloud, una herramienta tecnológica para el apoyo a la investigación y al servicio de las políticas ambientales en ITESCO 187

Paz Quiané M.A., Guerrero Sánchez M.E., Velasco Bernal A., Chacón Alcalá G., Domínguez Soriano O.

Diseño e Implementación de un sistema ambulatorio de adquisición, registro y análisis de la frecuencia cardiaca en estado de reposo Implementado en un dispositivo móvil. . 194

Sánchez I.E., Medel L. H., Piña Martínez L., Majín Martínez Alejandra Anahí, Monraga León Carlos Alejandro

Innovación de un contenedor de basura inteligente 201

Valles Chávez A. Doctor, Alemán Cuellar Jesús Raúl, Alcantar Olguin R.

Tratamientos de residuos sólidos

Algunos desechos fibrosos agroforestales para el cultivo del hongo seta *pleurotus sp.* en Durango, México. 194

Naranjo Jiménez Néstor, Nevarez Quiñones Daniela M, Herrera Corral Jesús, Uribe Soto Natividad, Almaraz Abarca Norma, Rosas Medina Imelda, Colmenero Robles Aurelio, López González Isabel Cristina

Análisis del potencial de la tecnología de congelación/fusión para la desalinización del agua de mar utilizando la energía termo solar

*M. I. Castillo Téllez B., **Dr. Pilatowsky Figueroa I., Dr. * M. I. Castillo Téllez M.,
*M.C. López Vidaña Erick César

**Coordinación de Refrigeración y Bombas de Calor, Departamento de Sistemas Energéticos y *Posgrado de Ingeniería, área Energía, del Instituto de Energías Renovables Universidad Nacional Autónoma de México.

becat@ier.unam.mx, ipf@ier.unam.mx, macat@ier.unam.mx, eclv@ier.unam.mx

Resumen

Teniendo en cuenta la gran demanda de agua dulce a nivel mundial y la escasez de la misma, la desalinización de agua de mar resulta una de las técnicas que más ha interesado como una solución en términos de sostenibilidad para solventar las necesidades hídricas de la población. Uno de los principales problemas para considerar viable la desalación de agua de mar su excesivo consumo de energía, ya que el problema de la escasez de agua va aparejado al problema del abastecimiento de energía, en donde la demanda crece proporcionalmente con la población y las condiciones de cambio climático. Bajo éste tenor, destaca la desalación por Congelación-Fusión (C/F) por sus bajos requerimientos energéticos. Sin embargo, es la técnica menos utilizada debido al problema de la separación de sales, ya que requiere la incorporación de procesos que han elevado sus costos, limitando su aplicación a la industria alimentaria.

La C/F tiene gran potencial si se resuelven algunos de los problemas tecnológicos y se logra minimizar el consumo eléctrico debido al uso de compresores, (refrigeración comercial). Existen sistemas de refrigeración que se basan en fenómenos de absorción, desorción, termoquímicos, eyecto-compresión, que operan con energía térmica (refrigeración térmica). La energía solar, la cual tiene una mayor distribución, puede integrarse para operar la refrigeración térmica y aprovechar este recurso disponible en las zonas costeras de los países tropicales, en donde se podrá obtener un doble beneficio: disponibilidad de enfriamiento para conservación de productos perecederos (fusión de hielo) y agua potable para consumo humano, con el mismo costo energético.

En el presente trabajo se presenta el potencial de aplicación de desalación de agua de mar usando C/F, realizando un análisis de factibilidad técnica y económica, utilizando las tecnologías de la refrigeración térmica con energía termosolar.

Palabras clave: Desalación, Congelación/Fusión, Energía termosolar

Abstract

Given the high demand for fresh water worldwide and its scarcity, desalination of seawater is one of the techniques that have been interested as a solution in terms of sustainability to address the water needs of the population. One of the main issues to consider viable seawater desalination is their excessive energy consumption, since the problem of water scarcity is coupled to the power supply problem, where the demand grows proportionally with the population and conditions climate change. Under these circumstances, stands Freezing/Melting desalination

(F/M) for its low energy requirements. However, the technique is less used because of the problem of the separation of salts, since it requires the incorporation of processes that have high costs, limiting its application to the food industry.

The F/M has great potential if resolved some of the technological problems and minimize power consumption achieved by the use of compressors, (commercial refrigeration). Cooling systems are based on phenomena of absorption, desorption, thermochemical compression ejectors, which operate with thermal energy (cooling temperature). Solar energy, which has a wider distribution, can be integrated to operate the thermal cooling and take advantage of this resource available in the coastal areas of tropical countries, where they can get a double benefit: Cooling availability conservation of perishables (ice melting) and drinking water for human consumption, with the same energy cost.

This paper present the potential application of seawater desalination using F/M, analyzing technical and economic feasibility, using the thermal cooling technologies with solar energy.

Key words: Desalination, Freezing/Melting, thermal energy.

Introducción

Es indudable que el suministro de agua potable es un problema grave a nivel mundial. El agua tiene un impacto importante sobre la calidad de vida de la población e influye directamente en el desarrollo económico del mismo. Existen naciones donde el agua es en extremo limitada debido a la escasez o nula presencia de ríos, lagos y lagunas. Se han dado soluciones como la construcción de pozos, embalses, importación o exportación de agua o como la desalación. No se puede afirmar certera y determinadamente que una solución sea mejor que las otras; sin embargo, el criterio económico aconsejaría optar por la alternativa más costo-efectiva. En algunos países donde la escasez de cuerpos de agua dulce es notable, sin duda la solución más adecuada puede ser la desalación de agua salobre o agua marina. Mismo que se utiliza como insumo para obtener agua potable mediante un proceso que permite separar las sales disueltas en ella. Entre los países que ya han puesto en práctica este proceso se encuentran los Emiratos Árabes Unidos, Kuwait, España y Libia. También se ha empleado con cierto éxito esta solución en alguna parte del continente europeo y del americano.

Aun cuando la desalación permite obtener agua para el consumo humano, el proceso en sí presenta ciertas dificultades, una de las principales es que las técnicas para la desalación de agua de mar comercialmente utilizadas, demanda grandes cantidades de energía, estos requerimientos resultan una gran desventaja dados los altos costos en el mercado internacional de dicho insumo y son seriamente cuestionados ya que tanto el agua como la energía han sido dos de los temas más importantes en los grandes foros del medio ambiente y desarrollo internacional. (*E. Mathioulakis et al.2007*).

Desde la antigüedad los seres humanos han utilizado fuentes de energía renovables, pero ha habido un notable desarrollo después de la crisis del petróleo de 1973. En la actualidad el interés sigue en aumento.

Existen varias técnicas para desalar agua de mar, entre los procesos que implican un cambio de fase están Destilación en Múltiple Efecto, Compresión de vapor y Congelación. Los procesos que no realizan un cambio de fase incluyen Ósmosis Inversa y Electrodiálisis.

De las técnicas mencionadas, la desalación por congelación, presenta una ventaja principal sobre las otras: Su bajo requerimiento en el consumo de energía y baja temperatura de operación en comparación con la desalación térmica, (*Brian, 1971 y Johnson, 1979*). La reducción en costos de energía se debe a que el calor latente de fusión del hielo es sólo la séptima parte que el calor latente de vaporización del agua, por lo que la C/F podría ahorrar del 75 al 90% de la energía requerida por el proceso térmico convencional, (*Heist, 1979*).

Tabla 1 Comparativo energético de las opciones para desalar agua de mar

Tecnología	Destilación Solar	MED	MSF	Osmosis Inversa	Electrodialisis	Por Congelación
Necesidades energéticas	Térmico	Térmico/eléctrico	Térmico/eléctrico	Mecánico/Eléctrico	Eléctrico	Térmico/eléctrico
Factores que afectan las necesidades energéticas	Temperatura ambiental, viento	Temperatura (agua de mar y ambiente)	Temperatura (agua de mar y ambiente)	Salinidad del agua recuperación de energía.	Salinidad del agua de mar	Temperatura ambiental
Consumo de energía (kWh/m ³)	642	32 (térmico), 1 a 2.5 (eléctrico)	48 a 441 (térmico), 3 (eléctrico)	4 a 17	0.8 a 11	6 a 10

Fuente: Dr. Isacc Pilatowsky Figueroa.

1. Proceso de Congelación/ Fusión

La C/F remueve las sales disueltas en soluciones de baja concentración (soluciones diluidas) durante la formación de cristales de hielo. Para desalar agua usando este método, los componentes no salinos son removidos en el tiempo apropiado del proceso de congelación, y el cristal de hielo “enjuaga” para remover el total de la sal adherida. El hielo es entonces fundido (descongelado) para producir agua dulce. En la figura 1, se presenta un diagrama de un proceso de desalinización por congelación.

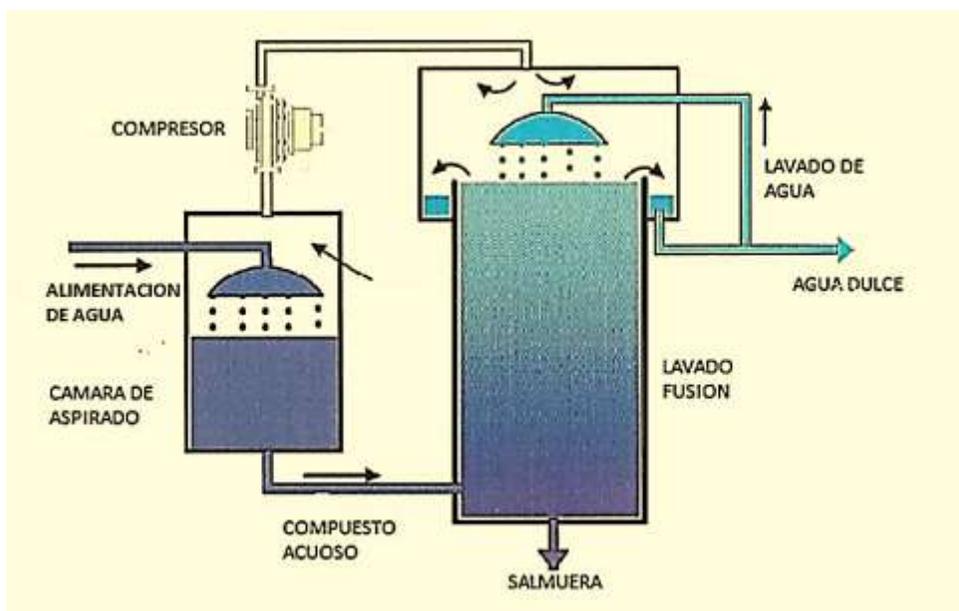


Ilustración 1 Proceso de desalación por congelación

La cristalización por congelación se ha usado para separar una amplia variedad de contaminantes del agua, tales como minerales disueltos, productos químicos orgánicos y partículas.

Aunque el proceso de congelación/ fusión no ha sido ampliamente utilizado a nivel comercial, el proceso tiene algunas ventajas muy importantes. Quizás, la más grande ventaja potencial de desalinización por congelación es su bajo requerimiento de energía comparado con los procesos de destilación (Brian, 1971; Johnson, 1979).

El proceso CF, tiene la ventaja de trabajar a baja temperatura de operación, minimizando el escalamiento y los problemas de corrosión (Brian, 1971; Agnew and Anderson, 1992; Hartel, 1992). Los materiales plásticos y o de bajo costo se pueden usar a bajas temperaturas (Johnson, 1976; 1979; Agnew y Anderson, 1992; Maguire, 1987) Se pueden alcanzar áreas muy grandes y coeficientes de transferencia utilizando contacto directo entre la salmuera y el refrigerante. El proceso CF, no necesita un pre tratamiento, en donde se pueden evitar los químicos requeridos para este efecto, además no está sujeto a problemas de incrustaciones, como ocurre en la separación por membrana (Johnson, 1976; Schroeder et al., 1977) y hay que considerar además que es mínimo el impacto ambiental (Maguire, 1987).

En cuanto a las desventajas, en comparación con la evaporación y la ósmosis inversa, se incluyen los altos costos de capital y de operación durante la separación del hielo (Muller, 1967). Otras desventajas son (Wiegandt y Von Berg, 1980):

- Retención de sabores y aromas desagradables (inicialmente presentes en el agua marina de alimentación) que pueden estar presentes en el agua fresca producida (Braddock y Marcy, 1987).
- Necesita incluir las etapas de crecimiento, manejo y lavado de cristales de hielo y el requerimiento de compresores mecánicos de vapor.
- Atrapamiento de solución salina en el hielo durante la cristalización requiere de trituración y re cristalizaciones del hielo.

- Un incremento progresivo en las concentraciones de la sustancia disuelta y gases no condensables.
- Se requiere una cierta cantidad de agua fresca para lavar el hielo con el objeto de reducir el contenido de sal en el agua producida.
- Limitado conocimiento de la cristalización del hielo y crecimiento en un sistema de suspensión de hielo, de la funcionalidad en el manejo de pequeñas partículas de hielo en suspensión, de los buenos métodos para una separación completa del hielo de la salmuera y el comportamiento de la hidratación.

Tabla 2 Comparativo técnico de las opciones para desalar agua de mar

Tecnología	Destilación Solar	MED	MSF	Destilación Por Compresión De Vapor	Osmosis Inversa	Electrodialisis	Por Congelación
Tecnología experimentada	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	No
Coste (\$/(m ³ /día))	9000 a 66000	1000 a 12000	800 a 15000	1100 a 4200	1600 a 2000	280	2400
Tamaño mediano (m ³ /día)	0.005 a 5	1000 a 10 000	1000 a 100 000	2 a 1000	0.01 a 10 000	0.1 a 200	No requiere
Complejidad de la operación	poco	elevada	elevada	elevada	Necesidad de las pre tratamiento	Necesidad de las pre tratamiento	Elevado (separación del helado)
Pre tratamientos requeridos	nada	filtración,	filtración, control de alimentación	filtración, control del alimentación	Filtración, otra (depende calidad del agua)	Filtración, otra (depende calidad del agua)	No requiere
Mantenimiento requerido	Instalaciones tratamiento de los residuos, sales.	Alimentación/corrosión de las bombas.	Alimentación/corrosión de las bombas.	Alimentación/corrosión de las bombas.	Reemplazar filtros, limpiar membranas, corrosión bombas e instalaciones.	Reemplazar filtros, limpiar membranas, corrosión bombas e instalaciones.	No requiere
Sustitución requerida	nada	filtro	filtro	filtro	Filtro (mensualmente), membrana (de 2 a 5 años)	Filtro (mensualmente), membrana (de 2 a 5 años)	Nada

Tabla 3 Costos de agua removida para los proceso de evaporación y congelación

Aplicación	Costo por 1000 Kg (1m ³) Agua removida	
	Evaporación	Congelación
Concentración Jugo de Fruta	\$5.40	\$2.00
Producción de Azúcar	\$8.47	\$1.32
Desalación Agua de Mar	\$1.85	\$0.93
Concentración Sosa Caustica	\$2.23	\$1.06
Concentración Licor Negro	\$3.15	\$1.52

Fuente: Chen, 2006

El proceso sin embargo, debido a una serie de consideraciones prácticas, incluyendo el diseño y dimensionamiento de los componentes, el funcionamiento y el control de las operaciones de

manejo de sólidos, y numerosos problemas con los compresores, no ha permitido todavía desarrollarse comercialmente.

Sin embargo, ha sido ampliamente usado con éxito en las industrias alimentaria y farmacéutica y tiene otros usos potenciales en la concentración de residuos industriales procedentes de plantas de galvanoplastia, plantas de energía nuclear, y plantas químicas. En el caso de su aplicación en la desalinización, no alcanza precios competitivos por el bajo precio del agua dulce comparada con otros productos alimentarios.

1.1. Procesos de desalación de agua de mar por congelación.

Existen básicamente tres tipos de procesos, por contacto directo, contacto indirecto y por medio de vacío. La tabla 4, muestra estas diferentes clases de procesos.

Tabla 4 Clasificación de los procesos de desalación por congelación

- A. Congelación por contacto directo
- B. Congelación por contacto indirecto
 - a. Enfriado interno.
 - i. Sistema de crecimiento de capa estático.
 - ii. Unidad de cristalización de capa en tambor rotativo.
 - iii. Unidad progresista de cristalización.
 - iv. Sistema de crecimiento de capa dinámico.
 - v. Cristalización de suspensión.
 - b. Enfriado externo.
 - i. Super-enfriado de alimentación.
 - ii. Maduración de vasos.
 - c. Congelación en vacío.

1.1.1. Congelación por contacto directo.

Un congelador de contacto directo usa un refrigerante en espray por el impacto del reactor a través de una boquilla. Las ventajas principales son una tasa alta de producción por unidad de volumen con una fuerza motriz baja con pequeños consumos de energía, la ausencia de partes móviles y una compacta y eficiente unidad, (Gibson, W., Emmermann, D., Grossman, G., Johnson, R., Modica, A., y Pallone, A., 1974).

1.1.2. Congelación por contacto indirecto.

En éste proceso, la energía para la refrigeración debe ser pasada a través de las paredes de alguna forma de intercambiador de calor, y la transferencia de calor ocurre a través de una barrera sólida (Thijssen, H.A.C., 1975 y Curran, H.M., 1970).

1.1.3. Congelación al vacío.

Este sistema ha sido usado para desalación de agua de mar. El agua por si misma puede servir como refrigerante, (Dickey, L.C., 1996). En ésta opción una aspiradora puede usarse para vaporizar una porción de agua, la cual entonces provee los efectos de refrigeración para disminuir la temperatura del producto y causar la cristalización del hielo. El hielo lavado es derretido por condensación de contacto directo con el agua en la unidad de derretido-condensado.

2. Uso de energías renovables

Una opción sustentable ante la no sustentable del empleo de energías convencionales en la desalación que es ya de por sí un proceso oneroso por el consumo excesivo de las mismas, es el uso de energías renovables.

Desde hace décadas se ha venido difundiendo el uso de plantas desaladoras que utilizan energía solar y otras que la combinan energía de hidrocarburos. Ejemplo de ellas son los Emiratos Árabes, Kuwait, Berken, Alemania, España y Chipre, así como en La Paz, BCN, en México.

La energía solar es la fuente de energía renovable con mayor potencial, ya que es una fuente abundante proveniente de la radiación solar. La superficie terrestre recibe grandes cantidades de energía solar que podría suplantar la energía proveniente de combustibles fósiles y la energía eléctrica que se utilizan para todas las actividades humanas.

2.1. Refrigeración térmica

El sistema de refrigeración más utilizado está basado en la evaporación de un refrigerante a baja presión para obtener una baja temperatura. Estos refrigerantes tienen diferentes propiedades, lo que permite adecuarlos a diferentes condiciones de funcionamiento, es decir: climatización de espacios, conservación, refrigeración, congelación y criogenia. En estos procesos el refrigerante se evapora a diferentes presiones para obtener las diferentes temperaturas. Para obtener el refrigerante líquido para su evaporación, es necesario condensarlo a una temperatura y presión mayores, por lo que se usa un dispositivo mecánico, en este caso, un compresor. Este ciclo de refrigeración se conoce como compresión de vapor, en donde el refrigerante en forma de vapor es succionado a baja presión comprimido a las condiciones de su condensación. Estos tienen una alta eficiencia, sin embargo, consumen mucha energía eléctrica.

Existen sistemas de refrigeración que operan con energía térmica, en este caso las funciones que realiza el compresor (succión y compresión), se llevan a cabo por medio de procesos fisicoquímicos. La succión del vapor se realiza por medio de la sorción del refrigerante. El proceso para separar el refrigerante del sorbete y llevarlo a las condiciones de condensación, se llama desorción y para ello se suministra la energía térmica. Entonces un ciclo de refrigeración por sorción, está formado básicamente por un sorbedor en donde es succionado el refrigerante, formando una solución o un sólido con el sorbente. Si el refrigerante se solubiliza en el sorbente se llama absorción y puede llevarse a cabo tanto en líquidos (como en sólidos (termoquímico) le conoce como adsorción (sólidos), si solo es sorbido en la superficie del sorbente. Un desorbedor, en donde el refrigerante se evapora a las condiciones de condensación, un condensador y un evaporador, así como dispositivos mecánicos como válvulas de expansión para llevar el refrigerante líquido de a condiciones del condensador a las del evaporador y bombas para llevar la solución (refrigerante y absorbente) a las condiciones

para disociado, es decir un generador o desorbedor y es en este componente que se suministra energía térmica. La figura, representa un ciclo de refrigeración por sorción (absorción).

2.2. Refrigeración por sorción

La refrigeración por sorción al igual que los sistemas de eyecto compresión son ejemplos de refrigeración térmica, siendo los de absorción los más utilizados. Estos sistemas tienen muchas ventajas: utilizan una gran diversidad de fuentes de energía térmica, entre 60 y 250 °C (gas natural, gas LP, diésel, gases de escape, biomasa, efluentes térmicos industriales, energía solar y geotérmica, b) operan con refrigerantes de mínimo impacto ambiental como el amoníaco, agua, alcohol, aminas primarias, c) su manufactura no requiere de una industria metal mecánica especializada, d) son silenciosos en su operación, e) tiene un largo período de vida media útil y un mínimo mantenimiento, y d) aplicaciones muy diversas principalmente para el acondicionamiento de aire, conservación y congelación de alimentos y producción de hielo.

Estos ciclos pueden funcionar de manera continua o intermitente (fuente discontinua de energía térmica) y en el caso de la absorción, presentan una gran diversidad de ciclos, tales como: a medio, uno, doble y triple efecto, con recuperación interna de calor, dual, modificado a doble efecto, combinado eyecto – absorción, absorción con membrana osmótica, absorción a dos etapas, combinado compresión-absorción, absorción en ciclo abierto, entre otros. Su dominio de temperaturas de operación comprende desde cerca de 60 °C para ciclos de adsorción, entre 80 y 90 °C para sistemas de absorción a una etapa y cerca de 200 °C, para dos etapas, para aire acondicionado, para la fabricación de hielo entre 120 y 150 °C y para alta congelación entre 180 y 220 °C.

2.3. Sistemas sorbente-refrigerante

Dependiendo del tiempo de ciclo de sorción, existen varios sistemas sorbente-refrigerante que han sido propuestos. En el caso de la absorción (líquido-vapor): los absorbentes de amoníaco como el agua, nitrato de litio, tiocianato de sodio, se utilizan para sistemas de aire acondicionado, refrigeración y producción de hielo y congelación, los absorbente de agua, como el bromuro de litio y otros compuestos higroscópicos, principalmente para aire acondicionado y conservación, y el agua como absorbente de las aminas primarias.

En el caso de la adsorción (sólido-vapor), sílica gel, carbón activado, zeolitas, como adsorbentes de agua y alcohol, para su aplicación en aire acondicionado.

En la refrigeración termoquímica, se utilizan reacciones químicas entre principalmente halogenuros de alcalino y alcalino térreos, como los cloruros de calcio, bario, magnesio, estroncio, que forman compuestos de adición con los refrigerantes: agua (hidratos), amoníaco (amoniacatos), aminas (aminatos) alcoholes (alcoholatos), los cuales se disocian térmicamente, con aplicaciones en aire acondicionado, refrigeración y congelación.

Para la producción de bajas temperaturas como la refrigeración y la congelación se utiliza el refrigerante amoníaco y en el caso del sorbente se selecciona en base a las condiciones de operación establecidas, sobre todo por el nivel de temperatura al cual hay que separar el amoníaco.

3. Refrigeración termosolar

Una de las fuentes energéticas renovables con gran potencial de utilización es la energía solar. Entre los principales argumentos están en sus impactos en la seguridad energética, el

crecimiento económico, su integración en proyectos de sustentabilidad y en su reducido impacto ambiental. Su distribución cumple un gran espectro territorial a nivel mundial con irradiancias solares altas, como es el caso de México con valores promedio anuales de 5 kWh/m²día. Su conversión a calor, se puede aplicar en la refrigeración térmica y a electricidad en sistemas de compresión de vapor y termoeléctricos. En el caso de la conversión fototérmica, existe una gran diversidad de tecnologías en función de los niveles térmicos requeridos.

3.1. Tecnologías termosolares

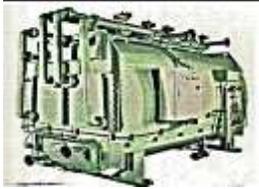
La temperatura de operación del termo conversores solares es función de las propiedades de loa materiales, de las pérdidas térmicas, del tipo de almacenamiento y si son estacionarios o móviles siendo la tecnología más sencilla es la de los captadores planos. Los construidos de plásticos operan de 30 a 45 °C, metálico entre 30 y 80 °C, con superficies selectivas (alta absortancia y baja emitancia) entre 30 y 100 °C, planos con evacuación de aire (tubos evacuados) entre 60 y 120 °C, plano con barreras anticonvectivas transparentes entre 60 y 100 °C, planos con escasa concentración, los cilíndrico parabólicos compuestos (CPC). Con sistemas de seguimiento, cilíndrico parabólicos, con temperaturas entre 200 y 400 °C. Con estas tecnologías se pueden cubrir los requerimientos de energía térmica de la mayor parte de sistemas de refrigeración térmica.

La tabla 5, presentan de manera resumida, las diferentes tecnologías de enfriamiento y su acoplamiento con sistemas de calentamiento solar, así como las temperaturas de operación, coeficiente de operación de algunos enfriadores solares comerciales.

4. Integración de la tecnología de la refrigeración termosolar al proceso de desalación de agua de mar por congelación/fusión.

La integración de la refrigeración solar en la congelación/ fusión del agua de mar para su desalinización, como se puntualizó es factible desde el punto de vista tecnológico.

Tabla 5 Comparación de tecnologías de sorción utilizando sistemas de calentamiento solar.

MÉTODO	CICLO CERRADO		CICLO ABIERTO	
CLICLOS DE REFRIGERACIÓN	CICLOS DE REFRIGERACIÓN CERRADOS		REFRIGERANTE (AGUA) ESTA EN CONTACTO CON LA ATMOSFERA	
PRINCIPIOS DE OPERACIÓN	ENFRIAMIENTO DE AGUA		DESHUMIDIFICACIÓN DE AIRE Y ENFRIAMIENTO EVAPORATIVO	
FASE DEL ABSORBENTE	SÓLIDO	LÍQUIDO	SÓLIDO	LÍQUIDO
				EN ETAPA DE DESARROLLO
SUSTANCIAS TÍPICAS DE TRABAJO	SÍLICA GEL-AGUA SAL-AMONIACO	BROMURO DE LITIO/AGUA-AGUA, AGUA/AMONIACO	SÍLICA GEL-AGUA, CLORURO DE LITIO-AGUA	CLORURO DE CALCIO-AGUA, CLORURO DE LIIO-AGUA
TECNOLOGÍAS DISPONIBLES EN EL MERCADO	ENFRIADOR POR ADSORCIÓN	ENFRIADOR POR ABSORCIÓN	ENFRIAMIENTO POR DESECANTE	

CAPACIDAD DE ENFRIAMIENTO TÍPICA	ENFRIADOR POR ADSORCIÓN (50-430 kW)	ENFRIADOR POR ABSORCIÓN (20kW-5 MW)	20-350 kW (POR MÓDULO)	
COP TÍPICO	0.3-0.7	0.6-0.75 (SIMPLE EFECTO)	0.5->1	>1
TEMPERATURA DE OPERACIÓN (TGE)	60-90°C	80-110°C (un efecto) 130-160°C (dos efectos)	45-95°C	45-70°C
COLECTORES SOLARES	COLECTORES DE PLACA PLANA Y TUBOS EVACUADOS	TUBOS EVACUADOS	COLECTORES DE P. PLANA Y COLECTORES SOLARES CALENTADORES DE AIRE	COLECTORES DE P. PLANA Y COLECTORES SOLARES CALENTADORES DE AIRE

La figura 2, presenta un diagrama en donde se incorpora el calentamiento solar a un ciclo de sorción para la congelación de agua de mar para obtener su desalinización.

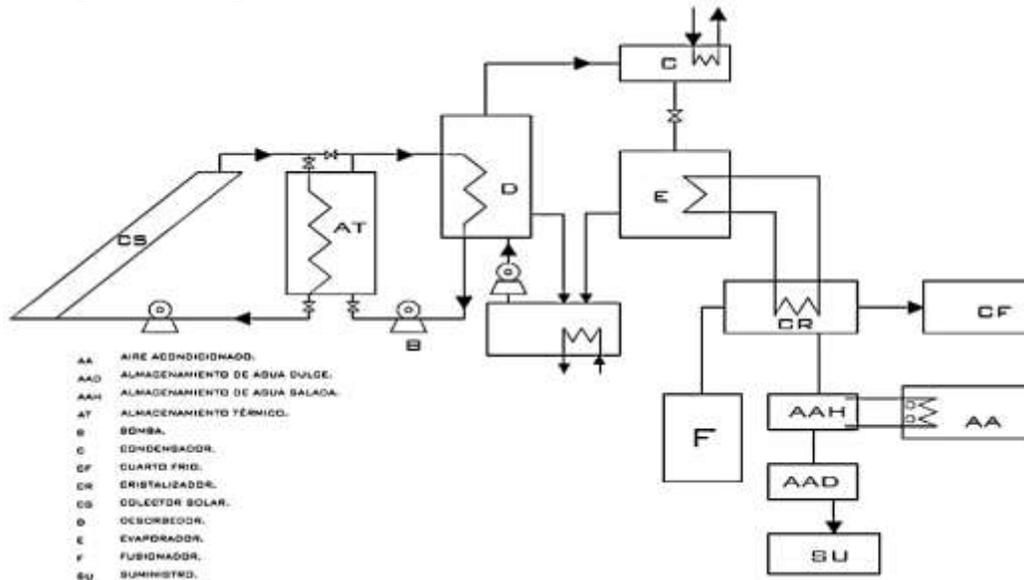


Ilustración 2. Sistema de congelación/fusión de agua de mar para su desalinización utilizando energía solar térmica.

4.1. Principio de funcionamiento

El congelador solar para desalar el agua de mar, CSDAM, está constituido por: un sistema de calentamiento solar que consiste en un captador CS, almacenamiento térmico, (AT) y un sistema de calentamiento auxiliar (CA), un ciclo de refrigeración por sorción CRS, sorbedor (S), desorbedor,(D) condensador (C) y evaporador (E). La cristalización (CR) del agua de mar se realiza por medio del enfriamiento de un refrigerante secundario (salmuera). Para su fusión (F) se utiliza como fluido por ejemplo aire, el cual se hace circular a través del hielo y se aprovecha su enfriamiento para introducirse a una cámara de conservación de productos perecederos. El agua líquida helada, producto de la fusión del hielo se almacena (AAC) a una temperatura cercana al punto de congelación y se hace circular a través de un intercambiador-ventilador para el enfriamiento indirecto de aire, el cual se introduce en un espacio reservado para la climatización y finalmente al agua dulce se almacena, se le da un tratamiento sanitario y se alienta a la red de suministro (S). La figura presenta un diagrama del sistema propuesto.

Para la congelación se propone el desarrollo de un sistema de enfriamiento por absorción amoníaco-agua, para la congelación del agua de mar, utilizando la tecnología de captadores solares evacuados con caloriductos integrados.

Conclusiones

El método de congelación/fusión para la desalinización de agua de mar, a pesar de su bajo consumo energético y algunas de sus ventajas, se ha considerado costoso, y complejo a causa del acoplamiento de varios procesos para lograr la separación de las sales. La propuesta de la aplicación de la refrigeración térmica solar, permite reducir substancialmente el consumo de electricidad, utilizando la energía solar con apoyo de un sistema auxiliar de bajo consumo, reduciendo el consumo de hidrocarburos y con base al planteamiento permitirá obtener una aplicación en serie, con un triple beneficio, es decir: conservación de ,climatización y agua potable. Lo anterior podrá beneficiar a las zonas costeras, aprovechando el recurso marino.

Referencias

- Agnew, C. and Anderson, E. (1992) *Water Resources in the Arid Realm*, Rutledge, London.
- Braddock, R.J. and Marcy, J.E. (1987) 'Quality of freeze concentrated orange juice', *Journal of Food Science*, Vol. 52, No. 1, pp.159–162.
- Brian, P.L.T. (1971) 'Potential advantages and development problems in water desalination by freezing', *Chemical Engineering*, May, pp.191–197.
- Curran, H.M. (1970) *Water desalination by indirect freezing*. *Desalination*, 7:273-284.
- Dickey, L.C., Craig, J.C., Radewon, E.R., McAloon, A.J., and Holsing, V.H. (1995) *Low temperature concentration of skim milk by direct freezing and vacuum evaporation*. *J. Dairy Sel*, 78: 1369-1377.
- Gibson, W., Emmermann, D., Grossman, G., Johnson, R., Modica, A., and Pallone, A. (1974) *Spray freezer and pressurized counter washer for freeze desalination*. *Desalination*, 14: 249-262.
- Hartel, R.W. (1992) 'Evaporation and freeze concentration', in D.R. Heldman and D.B. Lund (Eds.) *Handbook of Food Engineering*, New York: Marcel Dekker, pp.341–392.
- Heist, J.A. (1979) 'Freeze crystallization', *Chemical Engineering*, Vol. 86, No. 10, pp.72–82.
- Johnson, W.E. (1976) 'State-of-the-art of freezing processes, their potential and future', *Desalination*, Vol. 19, pp.349–358
- Johnson, W.E. (1979) 'Indirect freezing', *Desalination*, Vol. 31, pp.417–425.
- Maguire, J.B. (1987) 'Fresh water from the sea, a new process', *Desalination*, Vol. 67, pp.155–162
- Muller, J.G. (1967) 'Freeze concentration of liquids: theory, practice and economics', *Food Technology*, Vol. 21, pp.49–60.
- Schroeder, P.J., Chan, A.S. and Khan, A.R. (1977) 'Freezing processes – the standard of the future', *Desalination*, Vol. 21, pp.125–136.
- Thijssen, H.A.C. (1975a) *Apparatus for separation and treatment of solid particles from a liquid suspension*. U.S. Patent 3,872,009.
- Wiegandt, H.F. and Von Berg, R.L. (1980). 'Myths about freeze desalting', *Desalination*, Vol. 33, pp.287–297.

Planta desalinizadora para la ciudad de Coatzacoalcos utilizando energía sustentable

**Echeverría Dionisio Ted, Gómez Melgoza Diana A., Martínez Santos Luis Á.,
Eric Hernández González J.**

Instituto Tecnológico Superior de Coatzacoalcos.

**cheverry2000@gmail.com, danaarmy@hotmail.com, L_ori_luis@hotmail.com,
chucho_g19@hotmail.com**

Resumen

El desarrollo de la planta desalinizadora de osmosis inversa en la ciudad de Coatzacoalcos aportara un gran beneficio a la comunidad, mostrando la capacidad de desarrollo, los métodos de purificación, y la solución a la falta de agua potable. Este sistema se ha desarrollado para utilizar paneles solares como fuente de energía para la fuente de alimentación de la planta desalinizadora. Para contribuir más al ahorro de energía, el edificio tendrá un sistema de automatización donde se maneja diferente tipos de sensores como son de luz, temperatura, humedad y de presencia, todo esto para un uso eficiente de la energía eléctrica.

Abstract

The development of reverse osmosis desalination plant in the city of Coatzacoalcos furnish a great benefit to the community, showing the ability of development, purification methods, and the solution to the lack of drinking water. This system has been developed to use solar energy as a source of power for the desalination plant. To contribute more to energy savings, the building will have an automation system that handles different types of sensors such as light, temperature, humidity and presence, all this for efficient use of electrical energy.

1. Introducción

¿Cómo combatir la escasez del agua en el sur de Veracruz?

A través de la nueva innovación tecnológica, la desalinización, se propone la construcción de una en el golfo de México, de esta manera se podrá beneficiar a las generaciones posteriores contra la escasez de agua, que es una realidad.

Se plantea un proyecto para la construcción de una desalinizadora en la ciudad de Coatzacoalcos Veracruz, innovándola y adaptándola a este clima.

“El agua es la matriz de la cultura, el sostén de la vida” (Vanada, 2003, p.16). Como sabemos, el mundo ya se encuentra frente a una escasez de agua tan fuerte que se ha predicho que las próximas guerras serán por el agua, Coatzacoalcos Veracruz es de las ciudades más importantes de Veracruz, en ella se encuentran tres complejos petroquímicos y su localización conecta a varios poblados.

Desalinizadora un proyecto no inventado de un sueño, pero si un sueño para quien lo realiza, una planta que se dedicará a transformar el agua del mar, en agua para consumo de la localidad, surge de la demanda existente en nuestra ciudad como sus alrededores, el agua potable como tal existe en escasos tiempos, se ve más seguido la falta del agua en las casas

de cada uno. Ya sea por reparación en Yuribia, cierre de válvulas por desbordamiento en ríos, etc.

Este proyecto surge de parques industriales ubicados en Europa, y uno ubicado en los cabos baja california. Proyectado para la ciudad de Coatzacoalcos con el fin de abastecer la carencia que se está viviendo, no de hoy, sino de un mínimo de 5 años atrás implementando el uso de fotoceldas solares para la colaboración de energía que va a requerir dicha planta.

2. Problemática

En la vida cotidiana el ser humano ocupa el agua para diversas actividades, desde lavarse los dientes, cocinar, bañarse y consumirla, por ejemplo. Con todo esto se vuelve un requisito tenerla en casa. La escasez del agua se debe al aumento de la población y la contaminación producida en ella, una tercera parte de la población mundial se está quedando sin agua.

La ciudad de Coatzacoalcos se abastece de una planta llamada Yuribia la cual ha estado fallando desde hace varios años y que día con día se deteriora. Más días encontramos al abrir la llave principal de nuestro hogar que no hay agua, y aunque en algunos lugares llegan pipas a proporcionar agua no es lo mismo, tanto en porción y calidad.

3. Desarrollo del Proyecto

3.1 Características del lugar.

Coatzacoalcos es una ciudad turística e industrial, en constante crecimiento, tanto de población, como económico. En Coatzacoalcos, cada vez que hay lluvias; la población se queda sin agua: el 7 de septiembre de 2008 llegaron a cerrar las válvulas de acueducto Yuribia por lo que por más de tres días, cada vez que pasa esto mínimo de 5 a 6 colonias se quedan sin agua. La ciudad de Coatzacoalcos tiene a su alrededor infinidad de ejidos de muy bajos recursos, y sin tuberías que transporten el agua, cuentan con tan poca economía que no se les puede instalar (fig. 1).

Ubicación.

Limita con los municipios de: Chinameca, Moloacán, Oteapan, Minatitlán, Cosoleacaque, Las Choapas, Agua Dulce, Nanchital, e Ixhuatlán del Sureste; y alberga a los Ejidos de: 5 de Mayo, Francisco Villa, La Esperanza, Lázaro Cárdenas, Manuel Almanza, Paso a Desnivel y Fraccionamiento Gavilán de Allende (Rabón Grande); las congregaciones de: Villa Allende, Colorado, Guillermo Prieto, Las Barrillas y Mundo Nuevo; a la Cabecera Municipal: La Ciudad de Coatzacoalcos. Toda esta gran conexión hace que la construcción de la planta sea benéfica para una gran cantidad de ejidos que no fueron mencionados, de los cuales la mitad carece de agua potable, o construcciones que la transporten (fig. 2).



Fig. 1 Ciudad de Coatzacoalcos

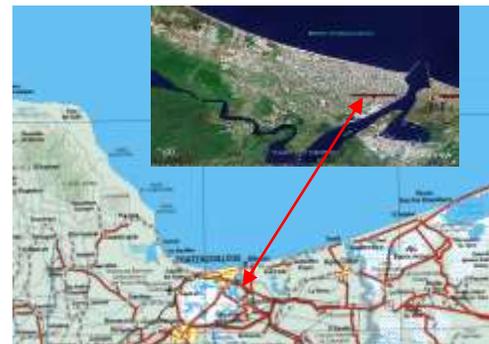


Fig. 2 Vista Geográfica de Coatzacoalcos

3.2 Tecnología.

El método de osmosis inversa es el más afectivo ya que el proceso es el mismo de osmosis natural que se lleva a cabo en la naturaleza, consiste en la separación de las moléculas en forma equilibrada, en este caso la osmosis inversa es la aplicación de una fuerza externa para separar el líquido que tiene un porcentaje con los elementos no requeridos y el otro porcentaje con agua potable. (fig. 3)

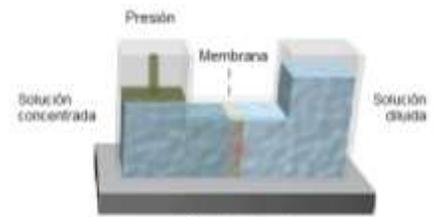


Fig.3 Principios de las Osmosis Inversa.

3.3 Prototipo de una planta de osmosis inversa.

La planta contará con el equipo necesario para llevar a cabo el procedimiento de desalación de manera adecuada, las etapas y procedimientos necesarios se describen a continuación:

1.- la captación de agua de mar se realiza mediante una captación directa del agua de mar por tuberías situadas en el lecho marino ya que Coatzacoalcos es una ciudad costera y tiene acceso directo al mar. (fig. 4)



Fig. 4 Costa de Coatzacoalcos.

2.- preparación del agua.

El primer paso es efectuar una corrección de pH, para ajustarlo a las necesidades del tratamiento.

Dosificación de coagulante: para retener del agua de mar las partículas coloidales (menores de 0,1 micra de grosor), se agrupan con el aditivo coagulante (cloruro férrico) para crear partículas mayores y poder ser retenidas en los filtros.

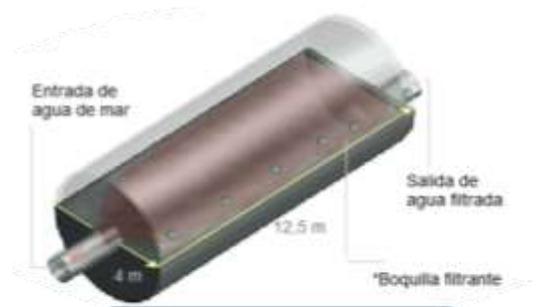


Fig. 5 Filtros de arena

Dosificación de reactivos: para desinfectar el agua de la materia microbiológica y que no generen colonias que puedan taponar las membranas se utilizan aditivos químicos (hipoclorito sódico).

3.- Filtros de Arena: el agua pasa por una batería de filtros que retienen la mayor parte de las partículas en suspensión. Boquilla filtrante de 0,5 mm de paso, crea un falso fondo dejando pasar el agua pero no la arena. (fig. 5)



Fig. 6 Filtros de Cartucho.

4.- Filtros de cartucho: garantizan que no lleguen partículas a las membranas. Su filtro tiene una capacidad de retención igual o mayor a 5 μm . (fig. 6)

5.- Bombas de alta presión: El agua una vez acondicionada. Es impulsada a los bastidores de membranas mediante las bombas de alta presión que proporcionan la presión necesaria para invertir el proceso de osmosis natural. (fig. 7)

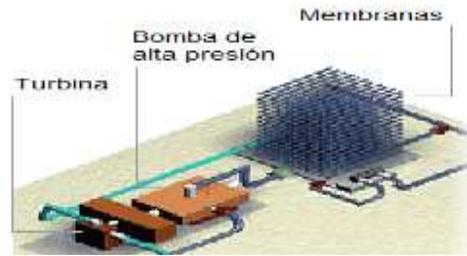


Fig. 7. Bombas de Alta Presión.

6.- Bastidores de osmosis inversa, a través de una membrana de polímeros se produce la osmosis inversa. El agua pasa a un lado de la membrana y la salmuera (agua de mar concentrada en sales) sale por el otro lado. (fig. 8)



Fig. 8. Bastidores de osmosis inversa

8.- Turbinas. La salmuera que sale de los bastidores a una presión próxima a la de entrada del agua mar al bastidor, contiene una energía que es reutilizada en las turbinas de recuperación. (fig. 9)



Fig. 9. Salmuera que sale del Bastidor.

Por ultimo una vez utilizada la salmuera se envía mediante tuberías al depósito de rechazo y más tarde será devuelta de nuevo al mar, mediante sistemas de difusión que la disminuyen en el agua. (fig. 10)

3.4 Energía Renovable y Automatización.

La energía que utilizaremos la obtendremos de fuentes alternativas como la energía solar que es captaría por medio de paneles solares, este será un sistema aislado que proporcionara la energía necesaria para el funcionamiento de la planta desalinizadora y también un sistema de interconexión a la red de apoyo (fig.11).



Fig. 10 Disolución de la salmuera. Bastidor.

a) Panel solar

Para esta primera etapa se están utilizando paneles solares de la marca ERDM 135SP6 de 135 Watts a 20 volts. Este tipo de panel es suficiente para las primeras pruebas del sistema. (fig. 12)



Fig. 11 Sistema Aislado.

b) Controlador de carga y batería.

El controlador de carga de la batería es el Steca PRS1515 de 15 A, este nos sirve para hacer un uso



Fig. 12 Panel Solar ERDM 135SP6 de 135W a 20V

eficiente de la carga de la batería y con ellos también proteger la batería cuando se encuentre al 100% cargada, y con ello no dañar a la batería cuando está completamente cargada y el panel le siga suministrando voltaje. La batería que empleada para las primeras pruebas es Surette Rolls 27HT105. En la figura 13 se muestra el controlador y la batería usada.



Fig. 13 Controlador de carga Steca PRS1515 de 15 A.

c) Sistema de Automatización.

Para contribuir más al ahorro de energía, el edificio tendrá un sistema de automatización donde se maneja diferentes tipos de sensores como son de luz, temperatura, humedad y de presencia, todo esto para un uso eficiente de la energía eléctrica. (fig. 14)



Fig. 14 Prototipo del Sistema de automatización.

d) Sistema de Control

Para el sistema de control se utiliza el Arduino UNO R3 que es un módulo que se basa en el microcontrolador ATmega328, el cual tiene 14 entradas/salidas, de las cuales 6 se pueden usar como PWM, 6 salidas analógicas, un cristal de 16 MHz, una conexión USB, un jack de alimentación, un botón de reset y un "header" ICSP (Arduino). El Arduino UNO se encarga automatizar el edificio de la planta al monitorear los diferentes sensores como es el de movimiento, de luz, temperatura y humedad, dependiendo de los estados de los sensores este decidirá si enciende las luz tanto en interior como exterior así también del encendido y apagado del aire acondicionado. La figura 15 ilustra el sistema Arduino UNO.



Fig. 15 Arduino UNO R3 empleado para el sistema de control para Automatización la planta.

En la figura 16 se muestra la parte de control del Arduino con los diferentes sensores como el de luz, temperatura y humedad, así como la etapa de potencia en estado sólido y los led's indicadores.



Fig. 16 Sensores, etapa de potencia y control.

Pruebas del sistema aislado y automatización.

Para la realización de las primeras pruebas del sistema se realizó la instalación del panel solar con el controlador de carga y la batería, en la figura 17 se observa la instalación del panel solar, el controlador de carga y la batería.



Fig. 17 Conexión del panel solar con el controlador y la batería.

Para el sistema de control se realizó la programación de el Arduino UNO y los resultados fueron exitosos,

El sensor de luz al detectar oscuridad manda la información al Arduino el cual toma la decisión de encender el foco. En la figura 18 se puede observar el encendido del foco.



Fig. 18 Encendido del foco cuando el sensor manda la información al Arduino UNO para el encendido.

Por último en la figura 19 se muestra el montaje final del sistema funcionando en su primera etapa con un sistema aislado para la realización de la automatización del Centro de Investigación Acuícola

4. Conclusión

La realización de este proyecto tendría un gran impacto ya que las ventajas son muchas, se solucionaría el problema de falta de agua potable en la ciudad de Coatzacoalcos utilizando recursos naturales con el agua de mar, la energía solar para la energía eléctrica utilizada.



Fig. 19 Montaje del sistema aislado para la Automatización de la Planta Desaladora

5. Referencias

Ávila García, Patricia, (2002). Agua cultura y sociedad México. Colegio de México.

Mahe, Andrés & Milenrama y Altés, Álvaro, (1999). El plasma de Quinton: el agua del mar nuestro medio interno. Sin lugar: Icarri.

Jimmie J. Cathey, (2006), Dispositivos Electrónicos y circuitos; Editorial: Mc Graw Hill.

González Vázquez, José Adolfo, (1992). "Introducción a los Microcontroladores", edit. Mc Graw Hill, pp.183 211.

Página oficial de Arduino: <http://www.arduino.cc/>

Documentos electrónicos

Energía alternativa de México. Consultado el 15-02-09, de www.saescsaenergiasolar.com

Diseño y construcción de un prototipo Hidro-Arbol para captar, potabilizar y purificar agua de lluvia.

**H.A. Bravo Quintero, A. Carrera Melchor, A.K. Reyes Viveros,
I. Aburto Ruiz, D. Aguayo Siqueiros M.I.**

Instituto Tecnológico Superior de Misantla
drago_hbq@hotmail.com

1. Resumen

Hidro-Árbol (H-A) es un proyecto que se presenta como un sistema captador de lluvia, dicho líquido es tratado y limpiado en un proceso de bloques que cuentan con filtros de arena y carbón activado. Inspirado en un árbol el H-A sigue una estructura similar, ya que cuenta con un soporte estructural que lo sujeta al suelo, un tallo por donde bajara el agua a través de los filtros y una parte superior conformada por una estructura metálica cubierta de lona que nos permite realizar la captación del agua. Una vez captado el vital líquido es canalizado hacia un tubo central, donde se encuentra el primer bloque con filtro de arena, donde se le quitan las impurezas mayores, polvo y basura, después del filtro se divide el flujo a través de válvulas una lo envía al almacenamiento de agua potable para actividades de uso cotidiano; la otra válvula lo envía al filtro de carbón activado el cual elimina otros aspectos del agua, para dejarla con calidad de purificada apta para consumo humano(no ingerible). El prototipo cuenta con una versatilidad en cuanto a la demanda que se tenga, puesto que puede enfocarse como abastecedor de agua potable y purificada en rubros como lo es la ganadería, industria, sectores agrícolas, casa hogar, escuelas, entre otros, no obstante, este proyecto radica en poder solucionar en parcial medida el problema de abastecimiento de agua presentado en los últimos meses en el país y en el estado de Veracruz; debido a que los desastres naturales han causado estragos en varios estados de la nación se pretende utilizar el agua de lluvia para abastecer agua purificada y potable en los albergues. La construcción del prototipo es factible económicamente y accesible para el público; y si es posible con el aporte del gobierno para construir H-A en zonas identificadas como puntos estratégicos donde sea requerido por la población.

Palabras Clave: Agua, lluvia potable, purificada.

Hydro-Tree (HA) is a project presented as a rain sensor system, said liquid is treated and cleaned in a process block have sand filters and activated carbon. Inspired by a tree HA follows a similar structure, which has a structural support that holds it to the ground, down a stem where the water through filters and a top formed by a metal frame covered canvas we allows water catchment. Once captured the vital fluid is channeled to a central tube, which is the first block sand filter, where he removed the biggest dirt, dust and debris, then filter the flow is divided by valves one sends it the storage of potable water for everyday activities; the other valve sends it to the activated carbon filter which removes other aspects of water quality to let purified suitable for (no ingestible) human consumption. The prototype has a versatility in demand you have, since you can focus as a supplier of clean and purified water in areas such as the livestock, industry, agriculture sectors, group home, schools, among others, however, this project is in

partial measure to solve the problem of water supply occurred in recent months in the country and in the state of Veracruz; due to natural disasters have wreaked havoc in several US states intend to use rainwater to supply purified drinking water in shelters. The construction of the prototype is economically feasible and accessible to the public; and if possible with the support of the government to build HA in areas identified as strategic points where required by the population.

Key Words: Water, rain, potable, purified.

2. Introducción

La captación pluvial es una buena alternativa para obtener agua para consumo humano, agrícola, industrial o ganadero, colectada y almacenada en depósitos para su posterior uso. En la captación del agua de lluvia existen algunos proyectos como el watee, creado por el diseñador australiano Chris Beurckner (1) el cual se enfoca en la captación utilizando áreas verdes de clubes campestres, golf, estadios deportivos o el RainPod(2) que consiste en un tanque de almacenamiento que utiliza el agua para el riego así como estos existen algunos otros modelos, diseños y proyectos con un fin parecido, pero nuestro diseño va dirigido a un ramo más básico, como lo que es las comunidades de bajo recurso como las hay en todas las zonas de Veracruz, tomando en cuenta que en el último mes en nuestra ciudad Misantla cayeron 300 mm de agua a causa de los fenómenos naturales (3) provocando problemas en la red de suministro de agua, sumado que a nivel nacional más del 50% de la población se vio afectada por estos fenómenos, cabe mencionar que los estados como Chiapas, Tabasco, Puebla y Veracruz se cuenta con una precipitación anual promedio de 2,000 mm (4) lo que permite a Hidro-Árbol tener un área de oportunidad en sectores como agricultura, y ganadería donde los estados antes mencionados cuentan con una buena tasa de influencia en estos rubros, he aquí donde surge la idea de H-A, intentando ser una solución a la problemática de falta de agua, con un sistema de captación de agua que utiliza la fuerza de la gravedad natural para poder purificar el agua, simplemente capta la lluvia la cual baja a los filtros los cuales se abrirán o cerraran de acuerdo a la necesidad de agua, además que nuestro sistema tiene un bajo costo, algunas de las ventajas del desarrollo del proyecto son:

- Alta calidad físico-química del agua de lluvia.
- Sistema independiente y por lo tanto ideal para comunidades dispersas y alejadas, a las cuales les falta el agua para su uso o consumo.
- No requiere energía para la operación del sistema.
- Bajo mantenimiento.
- Comodidad y ahorro de tiempo en la recolección del agua de lluvia.

3. Objetivo general

Desarrollar un sistema captador de agua que la purifique en el proceso, utilizando variantes para su almacenamiento con la viabilidad para desempeñarse en diferentes entornos.

Objetivos específicos

Diseñar y crear el prototipo maximizando los alcances del sistema a escala para poder cubrir la demanda de agua en las ciudades.

Desempeñar el proyecto como una alternativa viable para ser usado en casos de desastres naturales donde se requiera y que exista el recurso de la lluvia.

Minimizar los costos por obtención de agua, cuidando el medio ambiente.

Ingresar al mercado con un proyecto de auge ecologista que puede ser usado en la ganadería, industria, zonas escolares y casa habitación.

3.- Material y método

3.1 Diseño y construcción del H-A

El prototipo constará de una base constituida por una base cuadrada de aluminio, conformada por 4 tubos cuadrados de 3 cm de ancho x 25 cm de largo y 2 cm de alto. Seguido de ello dicha base estarán soldados perpendicularmente sobre las aristas del polígono, 4 tubos cuadrados de aluminio de 3cm de ancho x 3 de largo y 98 cm de altura, en 3 de las caras del paralelepípedo llevara un recubrimiento de lámina plana en forma rectangular con las medidas de 28 cm de base y 100 cm altura.

A la altura de 85 cm a partir de su base el diseño tendrá un refuerzo en su estructura conformado por tubo de aluminio de 3 cm de ancho x 22 cm de largo y 2 cm de alto.

Para dar soporte y estabilidad a la estructura, se añaden escuadras de aluminio en forma de triángulo, del mismo tubo usado en el refuerzo formando un triángulo escaleno de 15 cm de base y 20 cm de altura. (Fig. 1).

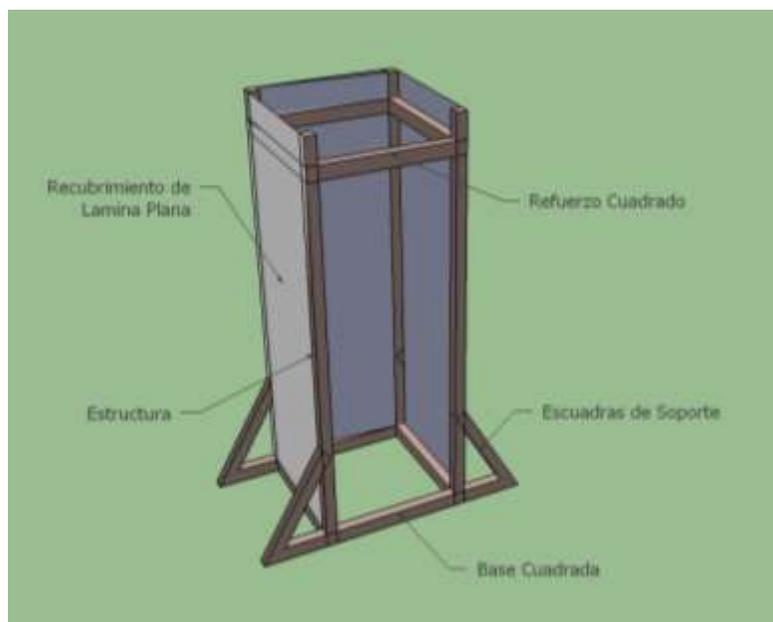


Fig. 1 Base estructural de Hidro-Árbol

El sistema de captación consiste en una 4 soportes base tubos cuadrados de 3 cm de ancho x 50 cm de largo 2 cm de alto el cual tendrá una inclinación 110° respecto a la estructura metálica del paralelepípedo desde donde estará soldada, posterior a ello existirán 4 soportes de desvío, tubos de 3 cm de ancho x 40 cm de largo x 2 cm de alto, soldados al extremo de los soportes base, los cuales tendrán una inclinación de 143° respecto a la estructura metálica.

Sobre este soporte recaerá un plato de 1.70 metros de diámetro con un agujero en el centro de 3 pulgadas que será nuestro canal hacia el tubo central, el plato estará fijo a los soportes base y de desvío a través de remaches los cuales serán recubiertos de silicón para evitar filtraciones (Fig. 2).

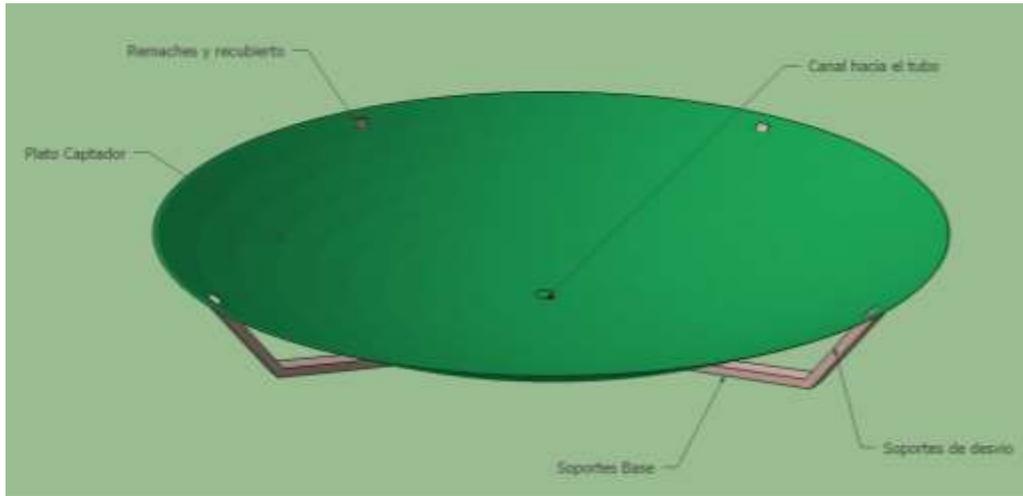


Fig. 2 Componentes del Sistema de Captación

El agua obtenida a través del sistema de captación será guiada un sistema de filtrado el cual consiste en:

2 filtros hechos con un tubo de 4 pulgadas de diámetro y 50 cm de alto de PVC.

4 extensiones de tubo PVC de 3 pulgadas de diámetro y 10 cm de alto.

1 extensión de tubo PVC de 3 pulgadas de diámetro y 20 cm de alto.

2 Válvulas de paso de 3 pulgadas.

3 conectores tipo “codo” para tubo de 3 pulgadas.

1 conector tipo “T” para tubo de 3 pulgadas.

2 tapas de PVC circulares de 4 pulgadas de ancho

La estructura inicia por un tubo extensión de tubo que se conecta al primer filtro que contiene arena, al pasar por este filtro el agua obtenida se libera de larvas de mosquito, y asimismo de impurezas que el aire pudiese arrastrar al captador (como hojas, polvo, etc.), el agua filtrada pasa a una primer válvula de paso donde podremos dar un uso cotidiano (bañarse, lavar ropa, trastes, etc.)

En caso de no dar salida en la primera válvula de paso, el agua pasa a un segundo filtrado que consiste en un re direccionamiento del agua a través de diferentes extensiones y conectores, en el segundo filtro se encuentra el carbón activado, la cual liberara al vital liquido de impurezas y microorganismos nocivos para la salud, dando paso a poder ser consumida por el humano, posibilitando el ahorro en los recibos de agua y disminuyendo la huella hidráulica. (Fig. 3).

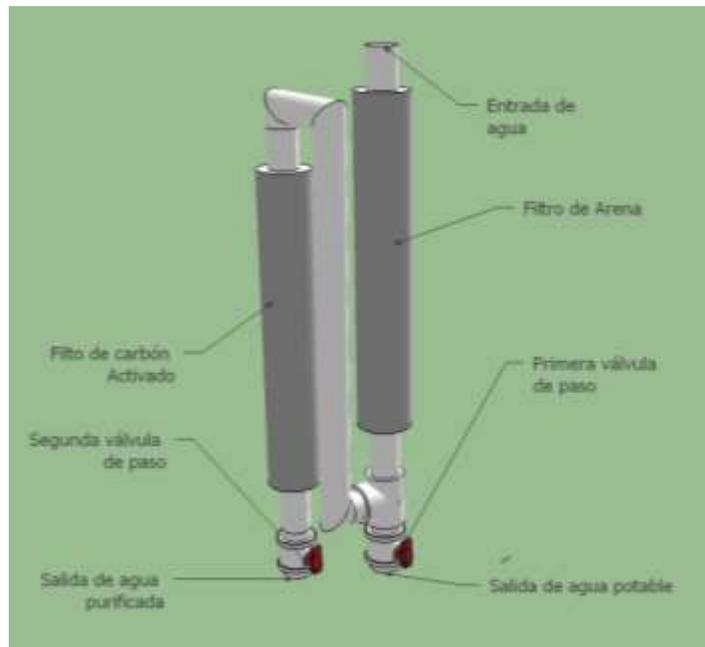


Fig. 3 del Sistema de Filtrado del Hidro-Árbol

Hidro-Árbol tiene un tamaño menor que un humano adulto, lo cual lo hace manejable en ambientes como lo es la azotea de un hogar sin embargo, escalable para poder obtener la mayor cantidad de vital líquido, en este caso se presenta con una medida de 1.5 metros de alto, 1.71 metros de envergadura con la siguiente comparativa. (Fig. 4).

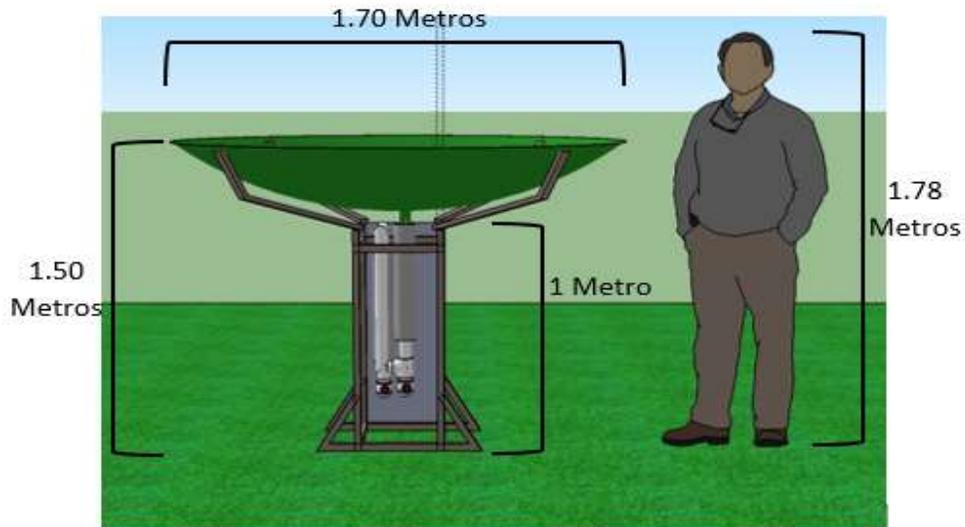


Fig. 4 Comparativa de espacios de H-A

Conclusiones y recomendaciones

De acuerdo al promedio anual de precipitación de agua de lluvia de Misantla, Veracruz, México, el H-A capta alrededor de 4972 litros por año de agua, gracias a su área de captación que tiene 2.26m^2 , este tiene un alcance que permite el abastecimiento de una familia promedio de 4

personas. El costo total de construcción del prototipo es de \$3400 pesos utilizando materiales que encontramos en nuestra región, es decir, comprándolos en tiendas de nuestra ciudad desde los metales de la estructura, la tubería para los filtros y la producción, lo que nos indica la viabilidad económica de este proyecto. La calidad de agua purificada puede sustituir la compra de garrafones y lograr un ahorro mensual estimado de \$250 pesos, aunado al instalarse en comunidades apartadas que no reciben este servicio de distribución de agua potable, por otra parte la vida útil del filtro de carbón activado depende de la cantidad de lluvia captada, para la zona de Misantla es recomendable cambiarla cada seis meses. Con la utilización del H-A podría reducir de una manera muy significativa la cantidad que paga por el servicio de agua, ya que sería una inversión de \$3400 más los costos que genere el cambio del carbón activado \$180 el kilogramo cada seis meses, este es recuperable en aproximadamente un año y medio, sin embargo si se aumenta el área de captación se recuperaría el costo en menos tiempo.

Bibliografía referencial

1. The Watree.

Disponible en: <http://www.tuvie.com/the-watree-will-collect-the-rain-water-and-used-during-the-summer/#more-938>

2. Recursos hídricos en México.

Disponible en: <http://www.revista.unam.mx/vol.10/num8/art51/int51-1.htm>

3. Clima, recursos naturales. INEGI.

Disponible en: <http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/reccnat/clima/default.aspx>

4. Guías para la calidad del agua potable. OMS.

Disponible en: http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3rev/es/

5. Cosechar agua de lluvia.

Disponible en: <http://www.ose.state.nm.us/PDF/Publications/Brochures/RainwaterHarvesting-Spanish.pdf>

6. Los elementos presentes en el agua de lluvia en Córdoba. Blog del agua. Publicado 18 enero, 2013.

Disponible en: <http://blogdelagua.com/inicio/investigacion-los-elementos-presentes-en-el-agua-de-lluvia-de-cordoba/>

7. Norma mexicana de agua para uso y consumo humano.

Disponible en: (9) Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994, Salud ambiental. Agua para uso y consumo humano.

Proceso para la obtención de Biodiesel de Higuierilla

Sandoval-Salas Fabiola, Méndez-Carretero Carlos, Solano-Rentería Isabel, Cuevas Suárez Carlos, Cortés Mariano Nayeli y Hernández Ochoa León Raúl.

Instituto Tecnológico Superior de Perote

investiga.itspe@gmail.com

Resumen

Se determinaron las condiciones de extracción de aceite, transesterificación y separación de glicerina durante el proceso de producción de biodiesel a partir de semillas de higuierilla (*Ricinus communis*). Los resultados obtenidos mostraron que las condiciones apropiadas para la producción de biodiesel a partir de semillas de higuierilla son: extracción con hexano empleando una proporción sólidos/solvente de 1/6, durante 6 horas; proporción de metanol y catalizador durante la transesterificación de 40% y 1.5%, respectivamente y, la adición de 18% de glicerina para facilitar la separación de las fases.

Con los datos obtenidos se propone el proceso completo para la obtención de biodiesel a partir de semillas de higuierilla.

Palabras clave: Biodiesel, *Ricinus communis*, biocombustibles, transesterificación.

Abstract

Biodiesel is considered a viable alternative to replace fossil fuels, because it has low toxicity resulting from the absence of sulfur and aromatic compounds (De Lima, 2006). Its manufacturing process is based on the trans-esterification of vegetable oils and/or animal fats preferably having low molecular weight alcohols. Castor seed is considered as a suitable raw material for the production of this biofuel for its high oil content and its high solubility in alcohol, at room temperature (Barnes, 2009). In this work, we determined the conditions of oil extraction, trans-esterification and glycerin separation during biodiesel production from castor seeds (*Ricinus communis*).

The extraction was assessed using a 2² factorial effect. The factors were solid / solvent (hexane) ratio and extraction time. Once the oil was gotten, we determined the effect of the ratio of methanol and the concentration of catalyst on the yields of biodiesel in a factorial experiment 2³. To facilitate the phase separation after the trans-esterification, we evaluated the effect of adding different proportions of industrial glycerin to the mixture.

The results showed that the appropriate conditions for the production of biodiesel from castor seeds are extracted with hexane using a ratio solid/solvent ratio of 1/6, for 6 hours; proportion of methanol and catalyst for the trans-esterification of 40 % and 1.5 %, respectively, and adding 18% glycerol to facilitate phase separation. Finally, we proposed the complete process for the production of biodiesel based on our results.

Keywords: Biodiesel, *Ricinus communis*, biofuels, trans-esterification.

Introducción

El biodiesel se considera una alternativa viable para reemplazar a los combustibles fósiles, debido a que tiene baja toxicidad derivada de la ausencia de compuestos de azufre y aromáticos (Conceicao *et al.*, 2007; De Lima *et al.*, 2006). Su proceso de elaboración se basa en la transesterificación de aceites vegetales y/o grasas animales preferentemente con alcoholes de bajo peso molecular (De Lima *et al.*, 2006).

Uno de los factores a considerar en la producción de biodiesel es el tipo de materias prima que se utilizará. El reto para cualquier país o región es la implementación de procesos de producción basados en materias primas con disponibilidad local (García-Cota *et al.*, 2009). La semilla de higuera se considera como una materia prima apropiada para la elaboración de este biocombustible por su alto contenido de aceite y las características del mismo, entre las que se destaca su alta solubilidad en alcohol a temperatura ambiente (Barnes *et al.*, 2009; Scholz y Nogueira, 2008).

En México, la especie *Ricinus communis*, se encuentra ampliamente distribuida de forma silvestre (Goytia-Jiménez *et al.*, 2011) y se han realizado diferentes estudios para evaluar el establecimiento del cultivo en forma comercial (Rico-Ponce *et al.*, 2011; Solis-Bonilla, *et al.*, 2011). Sin embargo, aún falta desarrollar algunas etapas del proceso de obtención del biodiesel a partir de esta semilla, que sean adaptables a las condiciones del país.

En este trabajo se presentan los resultados de la evaluación y optimización de las condiciones para la obtención de biodiesel a partir de semillas de higuera cultivadas en el Estado de Veracruz. Los resultados obtenidos permitieron sugerir el proceso completo para la extracción y la transesterificación del aceite de higuera con la finalidad de obtener biodiesel.

Materiales y métodos

Material vegetal

Las semillas de higuera que se usaron en este trabajo se cosecharon de forma manual durante el periodo agosto 2012-agosto 2013 del cultivo de higuera *Ricinus communis* (fenotipo 3, Zavaleta, 2013), establecido en una parcela ubicada a 19°39' de Latitud Norte y a 96°56' de longitud Oeste, localidad de Coacoatzintla en el Estado de Veracruz (Landa, 2013). Las muestras (frutos) se transportaron al laboratorio en bolsas de papel dentro de sacos de plástico. Para promover la dehiscencia, los frutos se secaron al sol dentro de sacos de tul y posteriormente se eliminó la cascarilla con ayuda de un ventilador.

Optimización de Extracción con Solvente.

Para optimizar la extracción de aceite se utilizó un diseño factorial 2^2 usando hexano como solvente en un equipo Soxhlet. Los tratamientos fueron: factor 1: tiempo de extracción (6 y 8 h) y factor 2: relación muestra/solvente (1/16 y 1/6.4). El experimento se realizó por triplicado y como variable de respuesta se consideró rendimiento de aceite en la semilla en base húmeda (bh).

Determinación de las condiciones de transesterificación.

Con objeto de definir las condiciones de transesterificación se utilizó un diseño factorial completo 3^2 donde el factor 1 fue el porcentaje de metanol respecto al volumen de aceite empleado (10, 25 y 40 %) y el factor 2, la concentración de catalizador (0.5, 1.0 y 1.5 % de

KOH). Las mezclas se mantuvieron a 65°C, durante 2 h, con agitación mecánica de 100 rpm. El experimento se realizó por triplicado. Las muestras se analizaron por cromatografía de gases en un Cromatógrafo Perkin Elmer Instruments Autosystem XL, acoplado a un espectrómetro de masas Perkin Elmer Instruments (Turbo Mass Gold). Las condiciones de operación del equipo fueron las siguientes: temperatura del inyector 150 °C, Temperatura del detector 150 °C. Columna Perkin Elmer de mediana polaridad Elite Wax ETR 9316549 (polietilén glicol) 30 mX0.25 mm, 0.25 µm; temperatura del horno 150 °C con una rampa 5°C/min hasta 215 °C, He 1 ml/min, inyección de 1 µl en modo Split 1/100.

Separación de fases después de la transesterificación.

Se realizó un experimento empleando un arreglo experimental de DCA con 5 tratamientos en el que se varió la concentración de glicerina industrial adicionada a la mezcla para promover la separación de las fases. Después de homogenizar las mezclas se mantuvieron en reposo en un embudo de separación durante 30 min y se separó por decantación la glicerina y se midió su volumen. El biodiesel obtenido se lavó tres veces con agua y se centrifugo a 5000 rpm, durante 5 min. Los experimentos se realizaron por duplicado.

Propuesta de proceso para la obtención de biodiesel.

Los datos obtenidos en cada una de las etapas se usaron como base para proponer el proceso completo para la obtención de biodiesel a partir de semillas de higuera (*Ricinus communis*).

Resultados y Discusión

Optimización de la extracción.

Los rendimientos de aceite obtenidos en los diferentes tratamientos de extracción fueron cercanos al 50% (Cuadro 1). La comparación de las medias mostró que no hay diferencia significativa entre los 4 tratamientos, por lo que es posible usar cualquiera de los tratamientos evaluados para la extracción del aceite. Debido a que es posible procesar mayor cantidad de muestra y en menor tiempo se seleccionó el tratamiento de 6 horas con una relación aceite solvente de 1/6.4.

Cuadro 1: Rendimiento de aceite de higuera obtenido bajo diferentes condiciones de extracción.

Tratamiento		
Relación aceite/solvente	Tiempo (h)	% de aceite
1/6.4	6	50.8 ^a
	8	51.4 ^a
1/16	6	50.5 ^a
	8	52.0 ^a

+ Valores promedio de 3 repeticiones

+ Letras iguales significan que no hay diferencia significativa

Condiciones de transesterificación.

Los principales componentes que se detectaron por cromatografía de gases en las muestras de biodiesel de higuerrilla fueron: éster de ácido ricinoleico, éster de ácido oleico y éster de ácido linoleico (Figura 1).

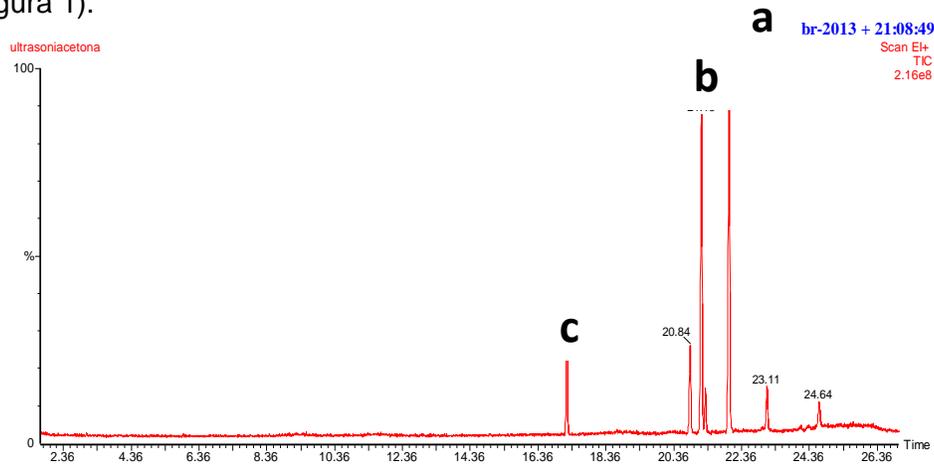


Figura 1. Cromatograma por CG/MS de una muestra procesada con 1.5% de catalizador y 40 mL de metanol. (a) Éster de ácido ricinoleico, (b) éster de ácido oleico, (c) éster de ácido linoleico.

Se tomó como variable de respuesta la presencia de los ésteres de ácido ricinoleico debido a que son los más abundantes en las muestras. Mediante un ANOVA y una comparación de medias ($\alpha=0.05$) de la proporción relativa de este componente en las muestras (el 100% corresponde a la muestra que contiene la mayor cantidad de ésteres de ácido ricinoleico) se determinó que hay efecto significativo de la proporción aceite/solvente y de la concentración de catalizador sobre la eficiencia de transesterificación. Los mejores resultados se obtuvieron cuando se utilizó el 40% de metanol en las mezclas y 1.5% de metóxido (Figura 2).

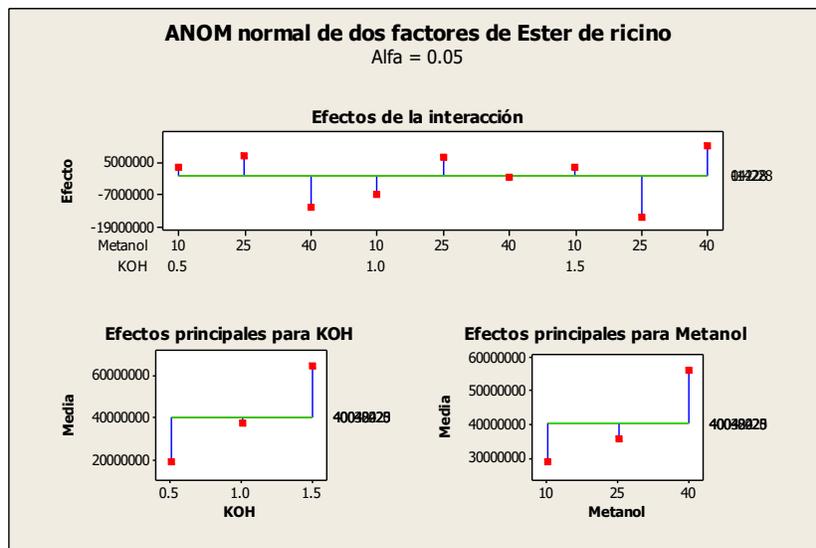


Figura 2. Comparación de medias del efecto del tratamiento de esterificación sobre la cantidad de esteres de ac. ricinoleico provenientes del aceite de higuera.

Adición de glicerina para promover la separación de fases después de la transesterificación.

Cuando se usaron proporciones bajas de glicerina en la mezcla no se logró separación de fases, las muestras mostraban turbidez y se mantenían emulsificadas aún después de 24 h de reposo. La separación de fases se logró a proporciones de glicerina industrial mayores al 15% (Cuadro 2).

Cuadro 2. Separación de glicerina en las mezclas de reacción de transesterificación de aceite de higuera mediante la adición de glicerina grado industrial.

N°	Proporción de glicerina (%)	Cantidad de glicerina adicionada a la mezcla (mL)	Cantidad de glicerina obtenida	Cantidad de glicerina separada	Cantidad de biodiesel obtenida
1	7	2.45	0	-2.45	0
2	13	4.55	3.00	1.55	0
3	15	5.25	18.00	12.75	18.5
4	18	6.3	21.00	14.7	20.5
5	23	8.05	17.00	8.95	20.0

La comparación de medias ($\alpha=0.05$) mostró que existe diferencia significativa en cuanto a la obtención de biodiesel de los dos últimos tratamientos (18 y 23%) y tomando en cuenta que el balance de materiales da como resultado una recuperación del 100% del biodiesel y glicerina, se considera que la mejor proporción es la que corresponde a 18% de glicerina adicionada.

Proceso propuesto para la obtención de biodiesel a partir de aceite de higuera.

En las Figuras 3 se describe el diagrama de proceso propuesto para la obtención de biodiesel a partir de semillas de higuera. Todas las operaciones se probaron durante el desarrollo del proyecto (aunque algunos datos no se presentan).

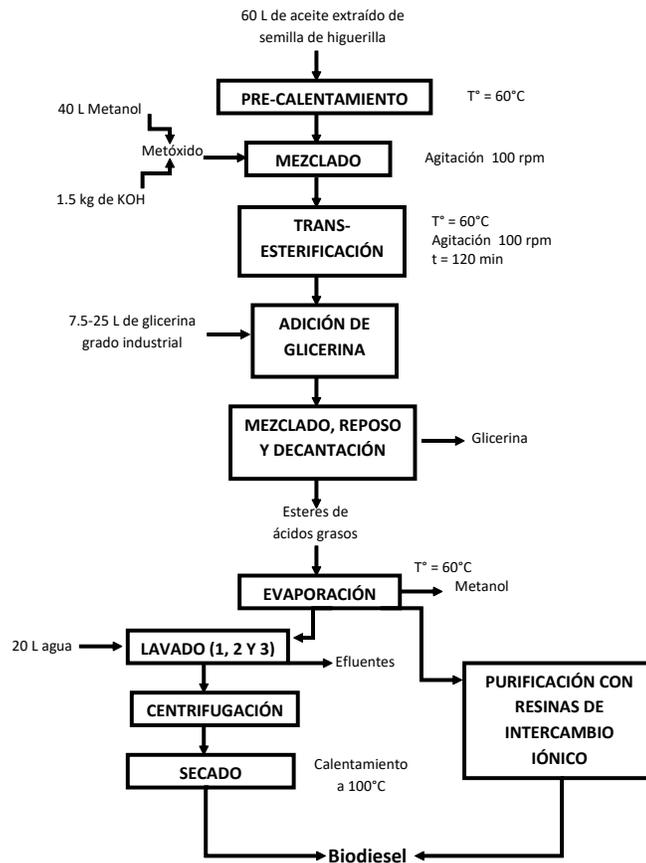


Figura 4. Proceso propuesto para la elaboración de biodiesel proveniente del aceite de higuera.

Conclusiones

Se desarrolló el proceso para la obtención de biodiesel a partir de semillas de higuera, este proceso tiene la ventaja de que es aplicable a las características de la materia prima disponible en el país. La extracción se realiza mediante el empleo de solvente (hexano). Las mejores condiciones para la transesterificación fueron: relación de aceite/solvente de 6.4 y concentración de catalizador de 1.5%.

Por otro lado, se encontró que el uso de glicerina industrial a concentración del 18% en la separación de las fases permite la recuperación del biodiesel, después de la transesterificación.

Agradecimientos

El presente proyecto se realizó con apoyo del “Fondo Sectorial SAGARPA-CONACYT”, subcuenta de Bioenergéticos, Energía Renovable, Eficiencia Energética y Energías Alternas.

“Este programa es carácter público no es patrocinado ni promovido por partido político alguno y sus recursos provienen de los impuestos que pagan todos los contribuyentes. Está prohibido el uso de este programa con fines políticos, electorales, de lucro y

otros distintos a los establecidos. Quien haga uso indebido de los recursos de este programa deberá ser denunciado y sancionado de acuerdo con la ley aplicable y ante la autoridad competente”.

Referencias

Barnes, D. J., Baldwin, B.S., Braascha, D. A. 2009. Ricin accumulation and degradation during castor seed development and late germination. *Industrial Crops and Products* 30, pp. 254–258.

Conceição, M. M., Candeia, R. A., Silva, F. C., Bezerra, A. F., Fernandes, V.J., Souza, A.G., 2007. Thermoanalytical characterization of castor oil biodiesel. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 11, pp. 964–975.

De Lima-Da Silva, N., Wolf-Maciel, M.R., Benedito-Batistella, C., Maciel-Filho, R. 2006. Optimization of Biodiesel Production. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 129-132, pp 405-414.

García-Cota, T. del N. J., De la Cruz-Gonzalez, V. M., Nájera-Martínez, I., Sanchez-Daza O. 2009. Purificación de biodiesel obtenido de aceite de ricinus. *Superficies y Vacío*, 22 (3), pp. 20-23.

Goytia-Jiménez, M. A., Gallegos-Goytia, C. H., Núñez-Colín, C. A. 2011. Relación entre variables climáticas con la morfología y contenido de aceite de semillas de higuierilla (*Ricinus communis* L.) de Chiapas. *Revista Chapingo. Serie ciencias forestales y del ambiente*, 17 (1), pp. 41-48.

Landa L.R. 2013. Establecimiento de una plantación para análisis fenológico de *Ricinus communis* L. para la producción de biodiesel. Tesis de Licenciatura. Ingeniería Forestal. Instituto Tecnológico Superior de Perote. Perote, Ver. 82 p.

Rico-Ponce, H. R., Tapia-Vargas. L. M., Teniente-Oviedo. R., González-Ávila. A., Hernández-Martínez. M., Solís-Bonilla. J.L., Zamarripa-Colmenero. A. 2011. Guía para cultivar higuierilla (*Ricinus communis* L.) en Michoacán. Folleto Técnico Núm. 1. INIFAP CIRPAC Campo Experimental Valle de Apatzingán.

Scholz, V., Nogueira-Da Silva, J. 2008. Prospects and risks of the use of castor oil as a fuel. *Biomass and Bioenergy*, 32, pp. 95–100.

Solís-Bonilla, J.L., Zamarripa-Colmenero, A., González-Ávila, A., Rico-Ponce, H. R., Tapia-Vargas, L.M., Teniente-Oviedo R., Zacarías-Gutiérrez, M., Izapa-Cirpas, C.E.R., Cruz Ramírez, J.R., Hernández Martínez, M. 2011. Guía técnica para la producción de higuierilla (*Ricinus communis* L.) en Chiapas. Folleto Técnico Núm. 25. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Rosario Izapa, Tuxtla Chico, Chiapas. México, p. 59.

Zavaleta G.L. 2013. Evaluación de la composición y la toxicidad de diferentes fenotipos de higuierilla, colectados en el Estado de Veracruz. Tesis de Licenciatura. Ingeniería en Industrias Alimentarias. Instituto Tecnológico Superior de Perote. Perote, Ver. 82 p.

Reacciones de hidrólisis y metanólisis de aceite de olivo por catálisis enzimática para la síntesis de Metil Ésteres

* Toscano Palomar L.¹ Dra., Estarrón Espinoza M.² Dra., Stilianova Stoytcheva M.³ Dra., Cervantes Díaz L.⁴

¹Instituto Tecnológico de Mexicali

²CIATEJ, Guadalajara, Jal.

³Instituto de Ingeniería, Universidad Autónoma de Baja California

⁴Instituto de Ciencias Agrícolas, Universidad Autónoma de Baja California

*toscano.lydia@itmexicali.edu.mx, mestarron@ciatej.net.mx,
margarita.stoytcheva@uabc.edu.mx, lourdescervantes@uabc.edu.mx

Resumen

El biodiesel es considerado un combustible biodegradable y no contaminante. La reacción de transesterificación enzimática para la producción de biodiesel a partir de aceites vegetales con alcoholes es una alternativa atractiva. Sin embargo, el alto costo de las enzimas representa una barrera para su implementación industrial. El objetivo de este estudio fue hacer un acercamiento exploratorio de la potencial producción de ácidos grasos libres y metil ésteres del aceite de olivo utilizando como catalizador lipasa producida a partir de hongos filamentosos. El estudio se realizó utilizando lipasa cruda producida por las especies *Aspergillus flavus*, *Penicillium chrysogenum* y *Trichoderma harzianum*. La hidrólisis del aceite de olivo se realizó a la temperatura de 35-40°C con una relación aceite-agua 1:1 v/v. Se utilizó lipasa de actividad 2.9 U/mg con una concentración de lipasa de 20 mg/g de aceite. Se obtuvo 1.4% de ácidos grasos libres en 3 horas de reacción a pH 8.0. La reacción de transesterificación se realizó con un mínimo contenido de agua utilizando como co-solvente isooctano. Las reacciones se realizaron a temperatura de 35-40°C a un pH de 8.0 y con agitación de 200 rpm. Se obtuvo un producto con un contenido de 8.0% de metil ésteres después de 96 horas de reacción.

Palabras clave: Biodiesel, Lipasa, Actividad Lipolítica, Rendimiento.

Abstract

Biodiesel is considered a biodegradable and non-polluting fuel. The enzymatic transesterification reaction for the production of biodiesel from vegetable oils with alcohols is an attractive alternative. However, the high cost of the enzymes is a barrier to its industrial implementation. The objective of this study was an exploratory approach to the potential production of free fatty acids and methyl esters of olive oil using lipase as a catalyst produced from filamentous fungi. The study was conducted using raw lipases produced by filamentous fungi such as *Aspergillus flavus*, *Penicillium* and *Trichoderma harzianum* *chrysogenum*. The olive oil hydrolysis was conducted at the temperature of 35-40° C with an oil-water ratio 1:1 v / v. Lipase activity was used 2.9 U / mg with a lipase concentration of 20 mg / g oil. The hydrolysis yield obtained was 1.4 % of free fatty acids in 3 hours of reaction at pH 8.0. The transesterification reaction was performed with a minimum of water content. Isooctane was used as co-solvent. The reactions were performed at 35-40 °C, at pH 8.0 and 200 rpm of agitation. A product with 8.0 % methyl ester content was obtained after 96 hours of reaction.

Key words: Biodiesel, Lipase, Lipolytic Activity, Yield.

Introducción

La transesterificación de los aceites vegetales ha recibido considerable atención hace solo unos cuantos años, debido a la obtención de ácidos grasos y alquil ésteres, los cuales son compuestos intermedios valiosos en la química de los aceites y los metil y etil ésteres como sustitutos del diesel de petróleo [1].

El proceso de metanólisis química catalizada por álcalis da altos grados de conversión de los triglicéridos a sus correspondientes metil ésteres en cortos tiempos de reacción, con varios inconvenientes: presenta una alta demanda de energía, la recuperación del glicerol es difícil, el catalizador alcalino tiene que removerse del producto y la presencia de ácidos grasos libres y agua interfieren con la reacción. La metanólisis enzimática no presenta los inconvenientes mencionados, en particular se debe de mencionar que el glicerol producido puede ser fácilmente recuperado y que los ácidos grasos libres contenidos en los aceites y grasas residuales pueden ser convertidos completamente a metil ésteres [2]. Reacciones de metanólisis efectivas han sido desarrolladas utilizando diferentes lipasas a partir de especies de *Candida*, *Pseudomonas* y *Rhizopus* por varios investigadores. Las enzimas realizan reacciones de transesterificación muy específicas (bio-transformaciones) [3], por lo cual son de gran interés en la industria, en donde procesos menos específicos producen subproductos no-deseables. La desventaja asociada con la transesterificación enzimática es el alto costo de la preparación de la enzima. La inmovilización generalmente incrementa el reuso de las enzimas [3] y por lo tanto disminuye el costo, también ayuda al biocatalizador a ser más eficiente en medios reactivos no acuosos [4]. El presente estudio reporta el uso de lipasa extracelular extraída de hongos filamentosos en reacciones de hidrólisis y transesterificación de aceite de olivo para la producción de ácidos grasos y metil ésteres.

Materiales y métodos

Materiales

El aceite de olivo extra virgen utilizado fue comprado comercialmente del mercado local y se almacenó a 4°C para evitar rancidez y fue utilizado durante la experimentación. Lipasa de cerdo, actividad 24 U/mg marca USB, Lipasa liofilizada extraída de hongos filamentosos (*Aspergillus flavus*, *Aspergillus niger*, *Penicillium chrysogenum* y *Trichoderma harzianum*), actividad 0.904 U/g bajo condiciones estándar de análisis. El resto de los reactivos utilizados fueron grado analítico.

Análisis de FAMES por cromatografía de gases

Los metil ésteres se analizaron en un Cromatógrafo de Gases Hewlett Packard Series 6890 equipado con un detector de ionización de flama (FID). Se utilizó una columna (0.25 mm de diámetro interno, 60 m de longitud y 0.25 µm de espesor de película) marca J. & W. Scientific DB-23 utilizando gas helio como gas de arrastre. La temperatura de la columna se estableció de 170-220°C, para un tiempo total de análisis de 14 min. Las temperaturas del inyector y del detector fueron de 250 y 275°C respectivamente. Todos los análisis fueron realizados por

duplicado. Los solventes y reactivos utilizados en la preparación de las muestras fueron grado HPLC.

Hidrólisis de aceite de olivo

La reacción hidrolítica se realiza en la interfase aceite-agua, por lo tanto, la mezcla reactiva consistió de aceite de olivo y buffer Tris-HCl 0.1M pH 8.0 en relación volumétrica 1:1, isooctano como co-solvente y 1% Tritón X100 como emulsificante [5]. Se utilizaron 20 mg de lipasa por gramo de aceite. La mezcla se incubó a 40°C y se agitó a 200 rpm, dejando la reacción proceder por 48 h. Se centrifugó la mezcla y se analizó la fase aceitosa para determinación de ácidos grasos libres. Se compararon los resultados con la hidrólisis de aceite de olivo utilizando lipasa de cerdo. Los ácidos grasos liberados fueron titulados con NaOH 5 mM usando fenolftaleína como indicador [6].

Metanólisis de aceite de olivo

Las reacciones de metanólisis se condujeron en relación estequiométrica de aceite/metanol; el aceite y el metanol se agregaron a un matraz de reacción y se calentó a la temperatura de reacción (40°C) con agitación magnética constante (200 rpm). Se agregó la lipasa pretratada en buffer de Tris-HCl 0.1M pH 8.0 para llevar la concentración de agua a valores específicos. Se utilizó un volumen constante de isooctano como co-solvente por diferentes tiempos de reacción. El matraz de reacción se conectó a una columna de reflujo para condensar el alcohol que pudiera evaporar. El efecto de la carga enzimática, relación molar metanol:aceite, concentración de agua, concentración de buffer y tiempo de reacción en el proceso de transesterificación se estudió variando cada vez una variable en el rango escogido (Tabla 1) y el resto de las condiciones se mantuvieron fijas según el caso: relación molar metanol a aceite 5:1, carga enzimática 3% p/p con base a peso de aceite de olivo extra virgen, relación volumétrica isooctano a aceite 1:1, concentración de agua 5% v/v en base a aceite, concentración de buffer 4% p/p en base a aceite, temperatura 40°C, agitación 200 rpm y tiempo de reacción 48 h.

Tabla 1. Intervalo de estudio de las variables

Variable	Rango
Concentración de enzima (% p/p)	1-5
Relación molar Metanol:aceite	3:1-9:1
Concentración de agua (% v/v)	0-15
Concentración buffer (% p/p)	4-8
Tiempo de reacción (h)	24-96

Al término, la mezcla reactiva se centrifugó a 4,000 rpm por 40 min y se recuperó la fase aceitosa. Se llevó a una estufa a 60°C por 20 min para evaporar todo el solvente. Se analizaron los ésteres de metilo por cromatografía de gases.

Resultados y discusión

Hidrólisis de aceite de olivo

El grado de hidrólisis obtenido en el aceite de olivo por la reacción catalizada por la lipasa obtenida a partir de los hongos filamentosos se comparó con la hidrólisis catalizada con lipasa de páncreas de cerdo. Byun *et al.* [7] reportaron el alto grado de hidrólisis en emulsión por la acción de lipasa de páncreas de cerdo. Rathod *et al.* [5] reportaron 32% de grado de hidrólisis del aceite de ricino catalizada con lipasa de una cepa genéticamente modificada de *Aspergillus oryzae*. La Figura 1 muestra el grado de hidrólisis del aceite de olivo catalizada por lipasas de consorcio de hongos filamentosos, obteniendo como máximo el 3% de rendimiento. Si se compara con el grado de hidrólisis catalizada con lipasa de cerdo bajo las mismas condiciones, observamos hasta un 41% de hidrólisis.

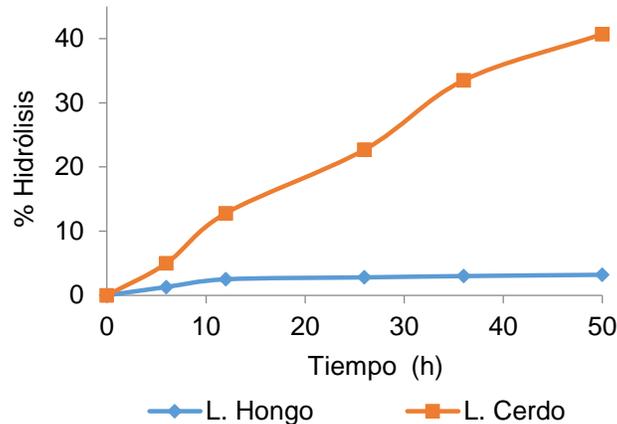


Figura 1. Avance de reacción de hidrólisis de aceite de olivo en medio acuoso a temperatura de 40°C y 200 rpm de agitación.

Metanólisis de aceite de olivo

Efecto de concentración de lipasa

La Figura 2 muestra el efecto de la concentración de la enzima en el porcentaje de metil ésteres obtenidos. Para la lipasa de consorcio de hongos que encontró que un incremento de la enzima mayor del 1% disminuye la formación de los metil ésteres. Es muy probable que a más altas concentraciones de lipasa, la solución interfase enzima-aceite formada bajo condiciones experimentales se sature de enzima y por el contrario se formen aglomerados de enzima que restringen el área de contacto entre sustrato-enzima [8].

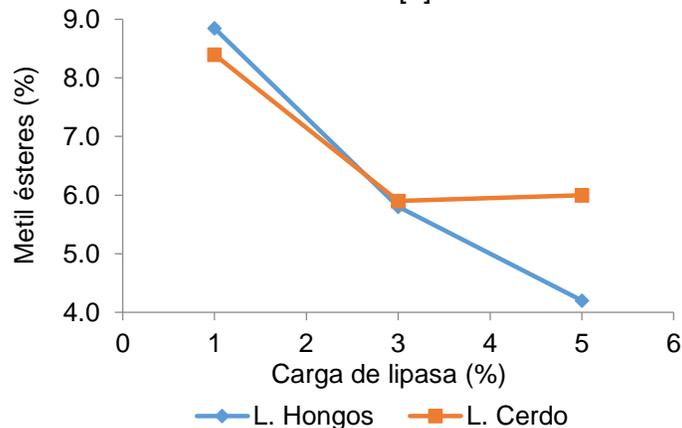


Figura 2. Efecto de la carga de lipasa en el rendimiento de formación de FAME. Carga: 1-3 % p/p en base a aceite de olivo utilizado. Se compara el rendimiento con lipasa de páncreas de cerdo.

Efecto de la relación aceite/metanol

Un factor importante que afecta el rendimiento de la formación de los metil ésteres es la relación molar de aceite-metanol. Debido al avance de la reacción de transesterificación hacia productos, es necesario, ya sea el uso de exceso de alcohol o la remoción de alguno de los productos de la mezcla reactiva. El efecto de la relación molar aceite-alcohol en la producción de FAME a partir de aceite de olivo usando lipasa libre de consorcio de hongos filamentosos se analizó realizando experimentaciones con diferentes relaciones; 1:3, 1:5, 1:7 y 1:9 (aceite de olivo a metanol). En la Figura 3 se observa que con el incremento de la relación molar se incrementa el rendimiento de los metil ésteres hasta un 13% con la relación molar 1:9. Paralelamente, se realizó la metanólisis del aceite de olivo con lipasa de páncreas de cerdo a las mismas condiciones de reacción para comparar resultados.

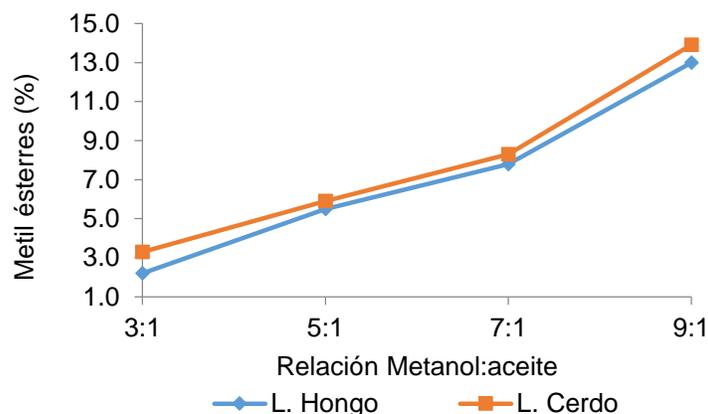


Figura 3. Efecto de la relación molar aceite/alcohol en el rendimiento de metil ésteres durante la metanólisis del aceite de olivo usando lipasa libre de consorcio de hongos y lipasa de páncreas de cerdo.

Efecto del tiempo de reacción

El efecto de tiempo en la producción de metil ésteres por la reacción de metanólisis del aceite de olivo usando lipasa libre de consorcio de hongos filamentosos se estudió conduciendo experimentos con diferentes períodos de reacción; 24, 48, 72 y 96 h. Los experimentos se realizaron a la temperatura óptima de 40°C y pH de 8.0, usando isooctano como co-solvente.

La Figura 4 muestra que con el incremento del tiempo de reacción se incrementa el porcentaje del rendimiento de FAME hasta un 8% en 96 h. Este resultado se comparó con la metanólisis del aceite de olivo catalizada con lipasa de cerdo.

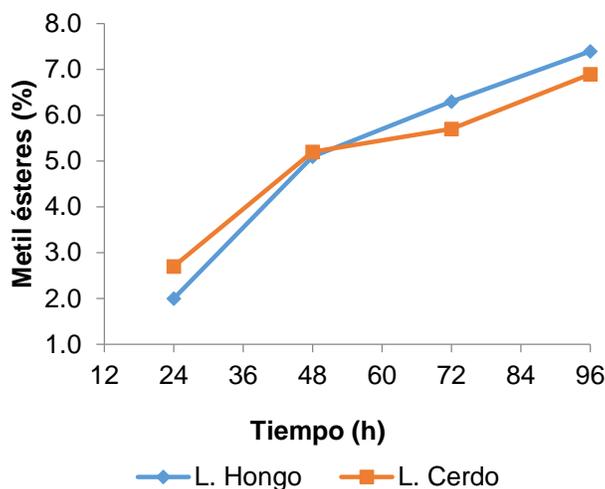


Figura 4. Efecto de tiempo de reacción en el rendimiento de metil ésteres durante la metanólisis del aceite de olivo catalizada por lipasa de consorcio de hongos y lipasa de páncreas.

Efecto del contenido de agua

El efecto del contenido de agua en el rendimiento de los metil ésteres en la reacción de metanólisis del aceite de olivo usando lipasa de consorcio de hongos fue estudiado mediante experimentación para diferentes porcentajes de agua en base a aceite (0, 5, 10 y 15 %). Aunque el agua no está relacionada como reactivo o producto en la reacción de transesterificación, su contenido es importante debido a que favorece a la expresión de la actividad enzimática. El agua actúa como lubricante de las cadenas polipéptidas en las proteínas, por lo tanto le confiere a la enzima la movilidad suficiente para desarrollar su acción catalítica [9]. Debido a que el sistema de reacción está compuesto de diferentes fases (triglicéridos, metanol y enzimas) el agua se reparte en diferente proporción entre los componentes. Para estudiar el efecto del contenido del agua en la actividad enzimática, específicas cantidades de agua se agregaron al sistema y se analizó la cantidad de metil ésteres producidos.

En la Figura 5, se muestra que la lipasa a partir de hongos es inactiva cuando el medio de reaccionante se mantiene anhidro, pero se incrementa cuando se agrega un 5% de agua y se sostiene activa hasta un 10% de agua en base al aceite. Un contenido de agua mayor del 10% mostró un descenso en el rendimiento de los metil ésteres producidos hasta un rendimiento nulo al 15% de contenido de agua. Por otro lado, la lipasa de páncreas de cerdo mostró siempre incremento del rendimiento de los metil ésteres a medida que se incrementó el contenido de agua.

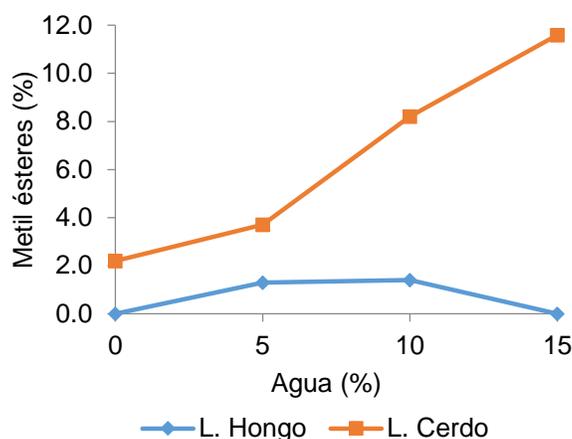


Figura 5. Efecto del contenido de agua en la reacción de transesterificación para la formación de metil ésteres a partir de aceite de olivo catalizada por lipasa cruda de hongos filamentosos y por lipasa de páncreas de cerdo.

Conclusiones

El máximo grado de hidrólisis del aceite de olivo catalizada con lipasa de hongos filamentosos obtenido fue de 3%. Este valor es muy bajo si se compara con el grado de hidrólisis obtenido a partir de la lipasa de páncreas de cerdo. Es necesario considerar como factor importante de la reacción de hidrólisis la adición de co-factores que incrementen la actividad lipolítica de la enzima en estudio.

La reacción de metanólisis se realizó utilizando aceite de olivo extra-virgen y un alcohol de cadena corta (metanol en isooctano). Se usó como biocatalizador lipasa cruda de hongos filamentosos (*Aspergillus flavus*, *Aspergillus niger*, *Penicillium chrysogenum* y *Trichoderma harzianum*). Los resultados se compararon con los obtenidos de la reacción catalizada por lipasa de páncreas de cerdo comercial. Se estudiaron los factores que se cree afectan el rendimiento de la producción de los metil ésteres, entre estos concentración de enzima utilizada, relación molar aceite-metanol, tiempo de reacción y contenido de agua. El máximo rendimiento obtenido de metil ésteres por catálisis con lipasa libre de consorcio de hongos fue 13%. Se obtuvieron los valores óptimos de reacción: 1% de carga enzimática, relación molar aceite-metanol de 1:9, tiempo de reacción de 96 h y un contenido de agua de 5-10 % en base a aceite de olivo cuando la temperatura de reacción fue 40°C a un pH de 8.0 y agitación de 200 rpm.

Agradecimientos

L. Toscano Palomar agradece a DGEST por el apoyo financiero y a CIATEJ por la realización de una estadía técnica en sus instalaciones para el análisis de los productos de las reacciones.

Referencias

- Du, W. and W. Li, Sun, T., Chen, X., Liu, D. , *Perspectives for biotechnological production of biodiesel and impacts*. Appl. Microbiol. Biotechnol., 2008. **79**(3): p. 331-337.
- Fjerbaek, L. and K. Christensen, Norddahl, B., *A review of the current state of biodiesel production using enzymatic transesterification*. Biotechnol. Bioeng., 2009. **102**(5): p. 1298-1315.

Jaeger, K.-E. and T. Eggert, *Lipases for biotechnology*. Curr Opin Biotechnol, 2002. **13**(4): p. 390-397.

Shafei, M.S. and R.F. Allam, *Production and immobilization of partially purified lipase from Penicillium chrysogenum*. Malaysian Journal of Microbiology, 2010. **6**(2): p. 196-202.

Rathod, V.K., Pandit, A.B., *Effect of various additives on enzymatic hydrolysis of castor oil*. Biochem. Eng. J., 2009. **47**(1): p. 93-99.

Puthli, M.S. and V.K. Rathod, Pandit, A.B., *Enzymatic hydrolysis of castor oil: process intensification studies*. Biochemical Engineering J., 2006. **31**(1): p. 31-41.

Byun, H.G. and T.K. Eom, Jung, W.K., Kim, S.K. , *Lipase-catalized hydrolysis of fish oil in optimum emulsion system*. Biotechnol. Bioprocess. Eng., 2007. **12**(5): p. 484-490.

Salis, A. and M. Pinna, Monduzzi, M., Solinas, V., *Comparison among immobilized lipases on macroporous polypropylene toward biodiesel synthesis*. J. Mol. Catal. B: Enzym., 2008. **54**(1): p. 19-26.

Halling, P.J., *Thermodynamic predictions for biocatalysis in nonconventional media: Theory, tests, and recommendations for experimental design and analysis*. Enzyme Microb. Technol., 1994. **16**(3): p. 178-206.

Método para la determinación de la factibilidad de instalación de plantas productoras de biodiesel en ciudades de tamaño medio

**Solano-Rentería María Isabel, Sandoval-Salas Fabiola,
Méndez- Carreto Carlos y Zetera Díaz Abigail**

Instituto Tecnológico Superior de Perote.

investiga.itspe@gmail.com

Resumen

Se determinó una metodología, que sirve para evaluar la factibilidad para instalar plantas productoras de biodiesel, en ciudades de tamaño medio. Haciendo uso de métodos y software de ingeniería industrial como el de "Calificación del factor cualitativo" (Monks, 1991), "Árbol de expansión mínima" (Taha, 1995), software WinQS. Los datos obtenidos mostraron que es posible emplear la metodología para definir las rutas de colecta de materia prima, optimizando tiempos y distancias, así como para determinar si la disponibilidad de materia prima es suficiente para la instalación de una planta de producción de biodiesel. En el caso particular de

la ciudad estudiada y para una capacidad de 100 L, se determinó que el aceite doméstico no es suficiente, pero que el proyecto es factible si se emplea el aceite proveniente de las microempresas de frituras.

Palabras clave: Localización, factibilidad, biodiesel, producción.

Abstract

Nowadays, there are works devoted to identify alternative energy sources that contribute to the improvement and preservation of the environment, but it is necessary that these works come together with research that show whether these alternative energy sources are feasible to be applied to industrial processes. That's why this research proposes a method to determine the technical feasibility of installing biodiesel production plants in medium-sized cities.

We used the method of "Qualitative Rating Factor" (Monks, 1991) to select the city model, in this case Perote, Veracruz. Subsequently, the size of the selected sample of the population was chosen. Using Google Map, we made a plan of the selected city and classified the population into strata (INEGI, 2010). Through network analysis method "minimum spanning tree" (Taha, 1995) and the Software WinQS, we determined the route for sampling or collection of the raw material (oil), fish sampled and quantified the availability of oil per stratum. The data obtained showed that it is possible to use the method to determine the routes of collection of raw material, optimizing times and distances, and to determine whether the availability of raw material is sufficient for the installation of a biodiesel production plant. In the particular case of the city studied and for a capacity of 100 L, it was determined that the domestic oil is not enough, but that the project is feasible if we use oil from micro-companies of chips.

Keywords: Location, feasibility, biodiesel production.

Introducción

Actualmente la necesidad de encontrar nuevas fuentes alternas de energía, despierta la motivación por realizar investigaciones que generen un mayor aprovechamiento de los recursos naturales y no naturales para la obtención de energía. Tal es el caso del uso del aceite comestible que diariamente es desechado tanto en los hogares como en las industrias de frituras a los drenajes, estos desechos contaminan en gran medida al medio ambiente. Por todo lo anterior la presente investigación tiene como objetivo el determinar una metodología que se utilice para evaluar la factibilidad de instalar plantas productoras de biodiesel a través del uso de aceite quemado comestible, proveniente tanto de hogares como de industrias. Dicha metodología servirá para indicar si la instalación de estas plantas tiene factibilidad en ciertas ciudades, esto quiere decir si la ciudad seleccionada tiene la capacidad de materia prima (aceite vegetal comestible quemado), y así poder tomar la decisión más certera antes de realizar inversiones económicas. Dicha metodología hace uso de herramientas de ingeniería

industrial como es “Calificación del factor cualitativo” (Monks, 1991), “Árbol de expansión mínima” (Taha, 1995), software WinQS,, así como también se apoya en la búsquedas de información en páginas como la del INEGI, Google Map, etc. Finalmente muestra si dicha factibilidad es aceptable o no para las ciudades que son consideradas de tamaño medio y se generan recomendaciones futuras.

Materiales y métodos

La metodología seguida para realizar el presente estudio se describe en la Figura 1.

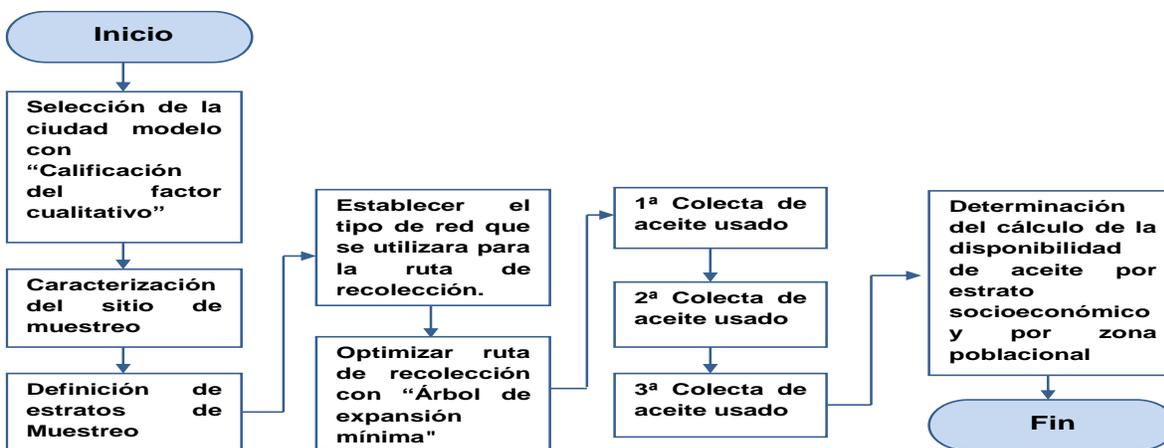


Figura 1: Metodología utilizada para la investigación

Selección de la ciudad modelo

Se eligieron tres ciudades, Perote, Altotonga, y Teziutlán, ya que estas son consideradas como ciudades de tamaño medio y cuentan con empresas pequeñas y medianas que utilizan como materia prima el aceite vegetal comestible. Utilizando el método de “Calificación del factor cualitativo”.

Caracterización del sitio de muestreo

Se establecieron los sectores a los cuales se dirigirá la recolección de aceite vegetal comestible usado, usando información de la página oficial del INEGI, en el apartado de estadística en regiones socioeconómicas (INEGI, 2010). Quedando como sectores seleccionados, los domicilios particulares, Restaurantes y Sector industrial (PYMES).

Definición de estratos de muestreo

Se determinó que en nuestro país existen siete estratos socioeconómicos (INEGI 2010), ordenados de forma descendente de mayor a menor ventaja relativa, la ciudad de Perote presentan cuatro de estos. Definiéndolos con los colores amarillo, verde, café, naranja y el azul que se le asignó al sector industrial.

Establecer el tipo de red que se debe utilizar para la recolección de aceite.

Se determinó que la forma más conveniente de analizar la red, era a través del método de “Árbol de expansión mínima”, ya que esta red une a todos los nodos involucrados pero a través de la menor distancia y tiempo.

Optimizar ruta de recolección de aceite vegetal comestible usado con “árbol de expansión mínima”

Se utilizó el software Win QSB, para la optimización de la ruta de recolección. Con ayuda de Google Maps, se sacaron las distancias en metros (m) de cada uno de los puntos de recolección, para poder cargar dicha información en el software y obtener la ruta ya optimizada.

Aplicación de la 1ª, 2ª y 3ª Colecta

Siguiendo la ruta establecida y contando con el apoyo del personal del municipio de Perote, se llevaron a cabo las tres colectas previstas para dicho estudio, previo a las colectas se llevo a cabo una campaña de concientización para estimular a la población a juntar el aceite después de que lo hayan usado.

Determinación del cálculo de la disponibilidad de aceite por estrato socioeconómico y por zona poblacional

Se clasificaron las muestras obtenidas, se les realizó un filtrado, posteriormente se midió y así se pudo cuantificar.

Resultados y Discusión

Selección de la ciudad modelo, utilizando el método de “Calificación del factor cualitativo”

Para determinar en cuál de las ciudades antes mencionadas, se llevaría a cabo el estudio propuesto. Se utilizó el método de “calificación del factor cualitativo”, para determinar la factibilidad de establecer una planta productora de biodiesel en un futuro y así tomar la decisión correcta de donde localizar la planta.

Se realizó un listado de los factores económicos, sociales y tecnológicos más relevantes en las tres ciudades. Se asignó una ponderación a cada factor para indicar su importancia relativa, en cada una de las ciudades. Se asignó una calificación a cada lugar potencial de acuerdo con la escala diseñada (0 – 100). Finalmente se multiplicaron las ponderaciones y calificaciones en cada una de las ciudades, sumando los puntos de cada ubicación, y así escoger la ubicación que haya tenido más puntos (Ver Cuadro 1).

Cuadro 1: Factores relevantes determinados, la ponderación asignada y la calificación dada a cada factor en cada una de las ciudades.

Factores relevantes	Perote		Altotonga		Teziutlán		
	Ponderación asignada	Calificación	Calificación ponderada	Calificación	Calificación ponderada	Calificación	Calificación ponderada
Aceite	0.2	65	13	50	10	65	10
Metanol	0.8	35	28	35	28	35	28
Hidróxido de Potasio	0.7	35	24.5	35	24.5	35	24.5
Electricidad	0.12	80	9.6	80	9.6	80	9.6
Agua	0.12	80	9.6	80	9.6	80	9.6
Costos de Producción	0.1	60	6	60	6	60	6
Mano de obra calificada	0.16	45	7.2	30	4.8	45	4.8
Ambiente	0.8	35	28	30	24	30	24
Tecnología	0.7	50	35	50	35	50	35
Calificación de la ubicación		160.9		151.5		156.9	

Concluyendo que la ciudad idónea para llevar a cabo el estudio propuesto es la ciudad de Perote, Veracruz, ya que fue la que obtuvo mayor puntaje.

Caracterización del sitio de muestreo

En nuestro país existen 7 estratos socioeconómicos, la ciudad de Perote., Ver. Cuenta con cuatro de ellos indicados por los colores amarillo, café, naranja y verde, así que se determinó que se abarcarían los cuatro, es importante indicar que también se incluiría un quinto estrato, el cual representaría al sector industrial y se representaría con el color azul. Ver figuras 1 y 2.

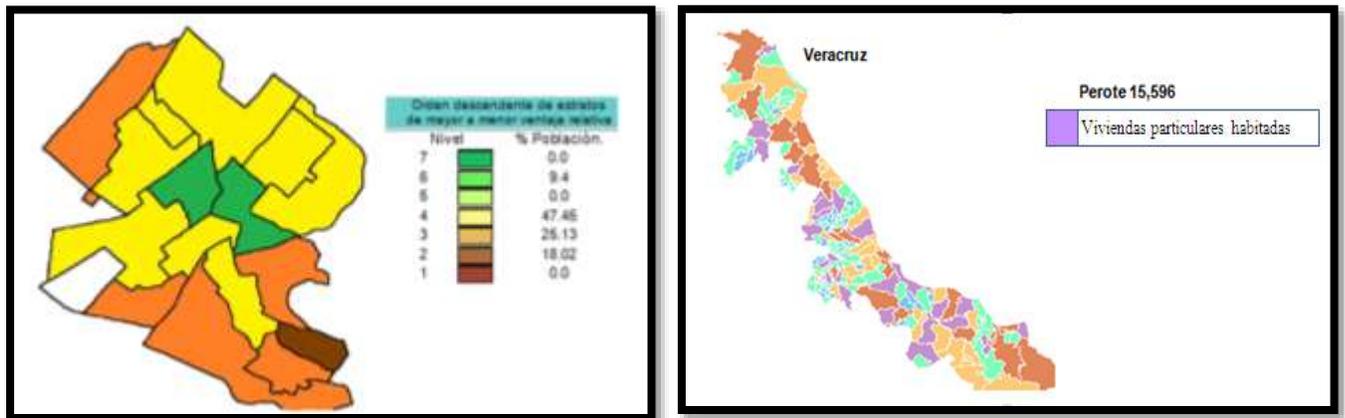


Figura 1 y 2. Mapa de Perote, Veracruz, dividido por estratos socioeconómicos y mapa del estado de Veracruz donde se ilustra el número total de viviendas en Perote. (INEGI, Junio 2010 Censo de Población y vivienda).

Optimización de la ruta de recolección de aceite vegetal comestible usado con “árbol de expansión mínima”

En base a los estratos se determinaron los puntos de recolección, dichos puntos fueron localizados en el mapa de la ciudad de Perote., Ver. Con ayuda de Google Maps, se determinaron las distancias en metros desde un punto a otro, esta información fue cargada en el Software Win QSB, y utilizando el método de “Árbol de expansión mínima” se obtuvo la red con la que se llevaron a cabo las recolecciones.

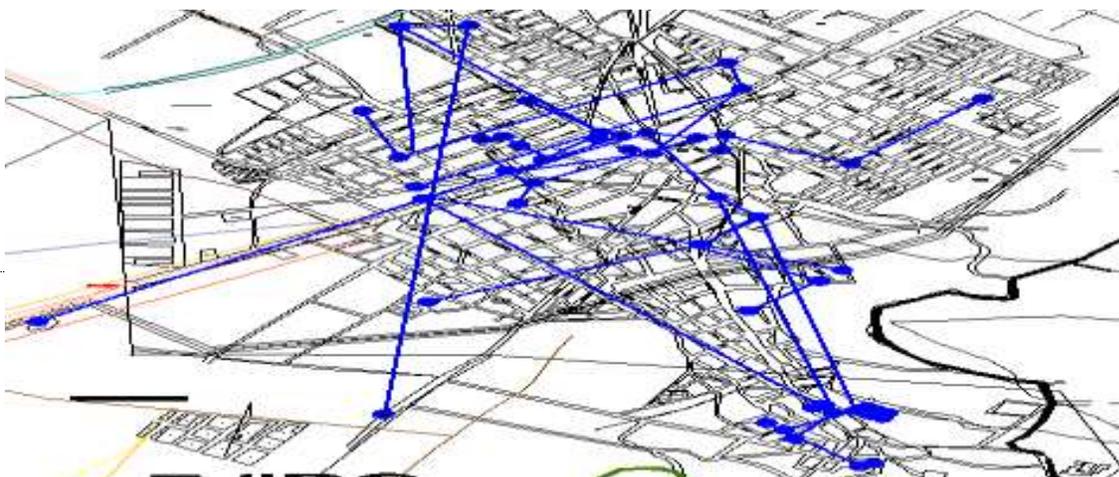


Figura 3: Mapa de la ciudad de Perote., Ver, en el que se muestra la ruta de recolección del aceite

Aplicación de la 1ª, 2ª y 3ª Colecta

Se realizaron tres colectas, siguiendo la ruta previamente establecida, se conto con el apoyo de personal del municipio de perote, el cual proporciono apoyo de su personal y de un vehículo para el traslado, también se llevó a cabo una campaña de promoción en el municipio, para la concientización de la comunidad.

Determinación del cálculo de la disponibilidad de aceite por estrato socioeconómico y por zona poblacional

Las muestras obtenidas en las colectas, se clasificaron, filtraron y midieron, obteniendo los volúmenes siguientes. Ver cuadro 2 y figura 4.

Cuadro 2. Volumen total obtenido por cada estrato

Volumen Total	Estrato Amarillo	Estrato Verde	Estrato Café	Estrato Naranja	Estrato Azul
TOTAL	4226	2719.7	2222.3	4681.5	33699

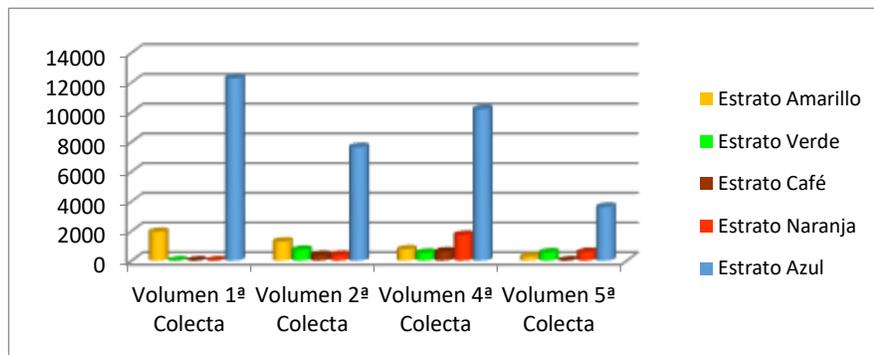


Figura 4: Gráfica del volumen (ml) de aceite recolectado por estrato socioeconómico. El estrato azul corresponde al sector industrial

Conclusiones

Se estableció la metodología a utilizar para determinar la factibilidad de instalación de plantas de biodiesel en ciudades de tamaño medio, dicha metodología hace uso de métodos que sirven para la toma de decisiones. Aunque en el caso particular de la ciudad estudiada y para una

capacidad de 100 L, se determinó que el aceite domestico no es suficiente, pero que el proyecto es factible si se emplea el aceite proveniente de las microempresas de frituras.

Referencias

INEGI, 2010. Viviendas Particulares Habitadas. Página oficial con información geográfica y demográfica.

Amado G. Eliseo; Villamizar Álvaro; Gafaro Alexis. 2005. Evaluación de Procesos de Producción de Biodiesel a Partir de Grasas Amarillas con Altos Contenidos de Ácidos Grasos. Bistua Vol. 3: Pp. 60.

Caballero Moreno, E.A., J.C Vidal López, C.A. Morgan López, M. Espinosa Ovando e I.A. Roblero González (2012). "Aceites Reciclados de cocina como materia prima de próxima generación para la obtención de biodiesel en Chiapas", Ide@s CONCYTEG 7, Vol. 85, pp. 16.

Programa Nacional de Cambios Climáticos. 2007 "Adecuación Tecnológica de la obtención de Biodiesel". Proyecto de la Universidad Mayor de San Andrés- Instituto de investigación y desarrollo de procesos químicos. Pág. 145.

(Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal, y Gobierno del Estado de Veracruz, 2005. Enciclopedia de los Municipios de México (30/01/2013).

Montgomery D, Runger G. 1996. Probabilidad y Estadística aplicadas a la Ingeniería. McGraw-Hill.interamericana editores, S. A. de C. V. México, D. F. pp 100-102.

Taha H. 1995. Investigación de operaciones. Alfaomega grupo editor., S.A. de C.V. Quinta edición. México, D.F. pp 316-318.

Hamdy, T. (2004). Modelos de Redes. Trujano. G. Pearson Education, México. 213-288.

Monks J. G. (1991). Administración de operaciones. McGraw-Hill/interameracana de Mexico, S.A de C.V. pp. 49-53.

Transporte de aerosoles hacia el golfo de California

Martínez Flores G. ¹, Segovia Zavala J. A.² y García Álvarez Y.³

¹Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, Instituto Politécnico Nacional

²UABC Instituto de Investigaciones Oceanológicas,

³Instituto Tecnológico de La Paz

gmflores@ieee.org, jsegovia@uabc.edu.mx, yara.garcia@itlp.edu.mx

Resumen

En los últimos años el estudio de las interacciones entre la circulación atmosférica a escala global y la química marina ha adquirido mayor importancia. Temas como la disminución de la capa de ozono, el transporte interoceánico de contaminantes, así como la influencia de gases y sustancias a niveles traza sobre el clima, son tópicos de interés internacional. Asimismo, el calentamiento de la atmósfera es importante debido a los cambios globales en el clima y su influencia en la dinámica del patrón de vientos, los cuales juegan un papel determinante en el transporte de contaminantes y elementos bioactivos. Para abordar estos tópicos es necesario comprender el papel que juegan las variaciones en los patrones de la circulación atmosférica en el transporte de aerosoles. Un mecanismo de transferencia importante de metales bioactivos desde los continentes hacia el ambiente marino es a través del transporte eólico,

principalmente desde los grandes desiertos del mundo. Estos ambientes son particularmente sensibles a las presiones de cambio global, y tales cambios podrían alterar la productividad del océano y por lo tanto el clima. La determinación de las fuentes de aporte de estos elementos tiene implicaciones importantes, tanto en aspectos de contaminación marina como de productividad, por lo que su ubicación espacial y la evaluación de su capacidad de aporte asociado a los patrones de viento, son componentes relevantes en la interacción continente-atmósfera-océano. En este trabajo se busca caracterizar la variabilidad de la circulación atmosférica considerando su importancia como mecanismo de transporte de aerosoles, desde el macizo continental y la Península de Baja California hacia el Golfo de California. Resultados preliminares del análisis de datos de viento NARR (1979-2012) indican un incremento en la intensidad de los vientos en los últimos 12 años. Se implementan algoritmos para la detección de aerosoles a partir de imágenes del sensor MODIS.

Palabras clave: Aerosoles, Golfo de California, MODIS, Transporte eólico.

Abstract: In recent years the study of the interactions between the global atmospheric circulation and ocean chemistry has become more important. Topics such as the decrease in the ozone layer, the ocean transportation of pollutants, as well as the influence of gases and substances at trace levels on climate, are topics of international interest. Also, global warming is important due to global climate change and its influence on the dynamics of the wind pattern, which play a role in the transport of pollutants and bioactive elements. To address these issues it is necessary to understand the effects of the atmospheric circulation changes in the aerosol's transport. A major transfer mechanism bioactive metal from the continents to the marine environment is through wind transport, mainly from the great deserts of the world. These environments are particularly sensitive to the pressures of global change, and such changes could alter ocean productivity and hence climate. Determining the contribution of these sources has important implications, both in terms of productivity as marine pollution, so their spatial location and evaluation of its capacity to input associated wind patterns are relevant components of interaction atmosphere-ocean-continent. The purpose of this work is to characterize the atmospheric circulation variability considering its importance as a transport mechanism of aerosols from the mainland and the Baja California Peninsula to the Gulf of California. Preliminary results of the analysis of NARR wind data (1979-2012) indicate a wind intensity increase in the last 12 years. Algorithms are implemented in order to detect aerosols from MODIS images.

Key words: Aerosols, Gulf of California, MODIS, Aeolian transport.

Introducción

Los aerosoles son pequeñas partículas (<100 μm) sólidas o líquidas presentes en suspensión en la atmósfera. Además de ser generados por eventos naturales como las tormentas de arena o erupciones volcánicas, éstos son también emitidos en grandes cantidades por actividades antropogénicas en centros urbanos e industriales, quema de biomasa asociada con los procesos de uso de suelo, alcanzando niveles que afectan tanto al clima como a la salud humana (King et al., 1999; Arellano, 2011). En los últimos años el estudio de las interacciones entre la circulación atmosférica a escala global y la química marina ha adquirido mayor importancia (Ayers y Guillet, 2000; Wang et al., 2004). Temas como la disminución de la capa de ozono, el transporte interoceánico de contaminantes, así como la influencia en el clima de gases y sustancias a niveles traza, son tópicos de interés internacional (Ayers y Guillet, 2000; Sosa-Echeverría et al., 2007). Asimismo, el calentamiento de la atmósfera es importante debido a los cambios globales en el clima y su influencia en la dinámica del patrón de vientos, los cuales juegan un papel determinante en el transporte de contaminantes y elementos bioactivos (Ulden y Oldenborgh, 2006). Para abordar estos tópicos es necesaria la comprensión del papel que juegan las variaciones en los patrones de la circulación atmosférica, como mecanismo de transporte de aerosoles y de metales bioactivos desde los continentes hacia el ambiente marino, principalmente desde los grandes desiertos del mundo. Estos ambientes son particularmente sensibles a las presiones de cambio global, y tales cambios podrían alterar la productividad del océano y por lo tanto el clima (Jickells et al., 2005). El Fe es un nutriente esencial para todos los organismos, es usado en una variedad de sistemas de enzimas, incluyendo los de la fotosíntesis, respiración y fijación del nitrógeno. Para el fitoplancton, que normalmente está alejado de los sedimentos del fondo marino (rico en hierro) por la columna de agua, los requerimientos fisiológicos de este mineral se pueden alcanzar a través del polvo que se deposita en la superficie marina. El abastecimiento de Fe es por lo tanto un factor limitante del crecimiento del fitoplancton sobre vastas áreas del océano (Jickells et al., 2005). Estudios recientes (Segovia-Zavala et al., 2009) sobre flujo atmosférico de hierro hacia el Golfo de California (7.0 a $90.4 \mu\text{mol m}^{-2} \text{d}^{-1}$), revelan que éste es del mismo orden de magnitud que los reportados para el Mar Rojo (1.5 a $116 \mu\text{mol m}^{-2} \text{d}^{-1}$; Chase et al., 2006), que son de los más altos del mundo. La determinación de las fuentes de aporte de estos elementos tiene implicaciones importantes, tanto en aspectos de contaminación marina como de productividad, por lo que su ubicación espacial y la evaluación de su capacidad de aporte son componentes relevantes en la interacción continente-atmósfera-océano.

El objetivo general de este trabajo es caracterizar la variabilidad de la circulación atmosférica considerando su importancia como mecanismo de transporte de aerosoles, desde el macizo continental y la Península de Baja California hacia el Golfo de California, así como obtener evidencias del transporte de aerosoles de origen terrígeno hacia el golfo, mediante el tratamiento de imágenes de satélite.

Metodología

Se procesaron datos de viento del noroeste de México de 1979 a 2012, obtenidos de la base de datos del Reanálisis Regional de América del Norte (NARR, por sus siglas en inglés) (www.esrl.noaa.gov). Para generar los mapas de dirección e intensidad del viento se requieren los componentes zonal (u) y meridional (v) contenidos en archivos independientes en formato NetCDF. Los valores de estos componentes (m/s) tienen una resolución temporal de 3 horas y una resolución espacial de 0.3 grados (~32 km). El tratamiento consiste en acceder a los componentes de los vectores de viento correspondientes al nivel más bajo de la atmósfera (1000 hPa), disponibles a intervalos de 3 horas (00:00, 03:00, 06:00, 09:00, 12:00, 15:00 18:00 y 21:00). Para cada uno de estos conjuntos de datos (matrices) se genera un mapa con los vectores de viento, representando su magnitud y dirección. Posteriormente se calculan

estadísticos básicos para regiones específicas del área de estudio, almacenando estos valores en matrices bidimensionales, con el propósito de obtener una visión general y a largo plazo de las tendencias en las regiones seleccionadas.

Adicionalmente, se recaban para su procesamiento las imágenes captadas por el sensor MODIS/Aqua, las cuales constan de 34 bandas espectrales por escena. Estas imágenes son proporcionadas por la Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad (CONABIO), a través de su sitio (www.conabio.gob.mx). Las bandas de estas imágenes son procesadas con el algoritmo de Miller (2003) para llevar a cabo la detección de aerosoles sobre el océano y el continente.

Resultados y discusión

La Fig. 1 muestra algunos ejemplos de la distribución espacial de los vectores de viento en el noroeste de México. Los mapas corresponden a las condiciones del 01/ENE/1979 a tres horas del día (03:00, 09:00 y 15:00) y a 1000 hPa de presión atmosférica, según los datos del NARR.

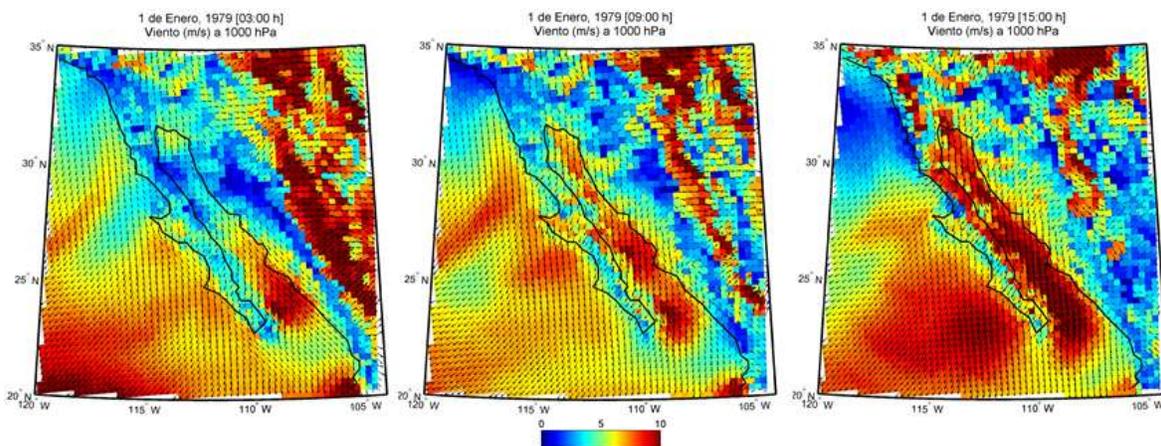


Figura 1. Vectores de viento para el 01/ENE/1979 a las 03:00, 09:00 y 15:00 h, al nivel de presión atmosférica de 1000 hPa. La escala de colores está en m/s.

Como se puede observar en la Fig. 1, existen variaciones significativas en la intensidad de viento durante el transcurso de un día. Por ejemplo, en esta figura se observa como en la región norte del Golfo de California la velocidad aumenta de ~2 a ~9 m/s en 12 h. Por lo tanto es importante considerar estas variaciones diurnas y no los promedios diarios al estimar la capacidad de estos vientos de transportar aerosoles.

Para los fines de este trabajo interesa caracterizar el nivel más cercano a la superficie (1000 hPa), puesto que estos vientos tienen mayor posibilidad de poner en movilidad y transportar aerosoles de origen continental. Por lo tanto, el proceso descrito en el apartado anterior es aplicado únicamente a los datos de viento (1979 a 2012) en este nivel de presión atmosférica. El resultado de este proceso se muestra en la Fig. 2. En ésta se representa la matriz en la que se han apilado (por cada fila) los datos mensuales (en intervalos de 3 horas) de intensidad máxima del viento en la región central del golfo, hasta completar los 34 años de información. Se muestran únicamente los valores de intensidad máxima (sin la dirección del viento). Se observa que la mayoría de las franjas rojas se encuentran ubicadas en las primeras o en las últimas de cada año, indicando que la mayor intensidad del viento en esta región ocurre en los meses de invierno, como ya ha sido documentado por varios autores. En la gráfica que se muestra a la derecha de la Fig. 2, destaca la amplitud entre las medias mensuales ubicadas entre los años 1988 y 1989, así como su coincidencia con el cambio de régimen climático en ese periodo. Esta amplitud también se hace evidente en los últimos 12 años representados en la gráfica.

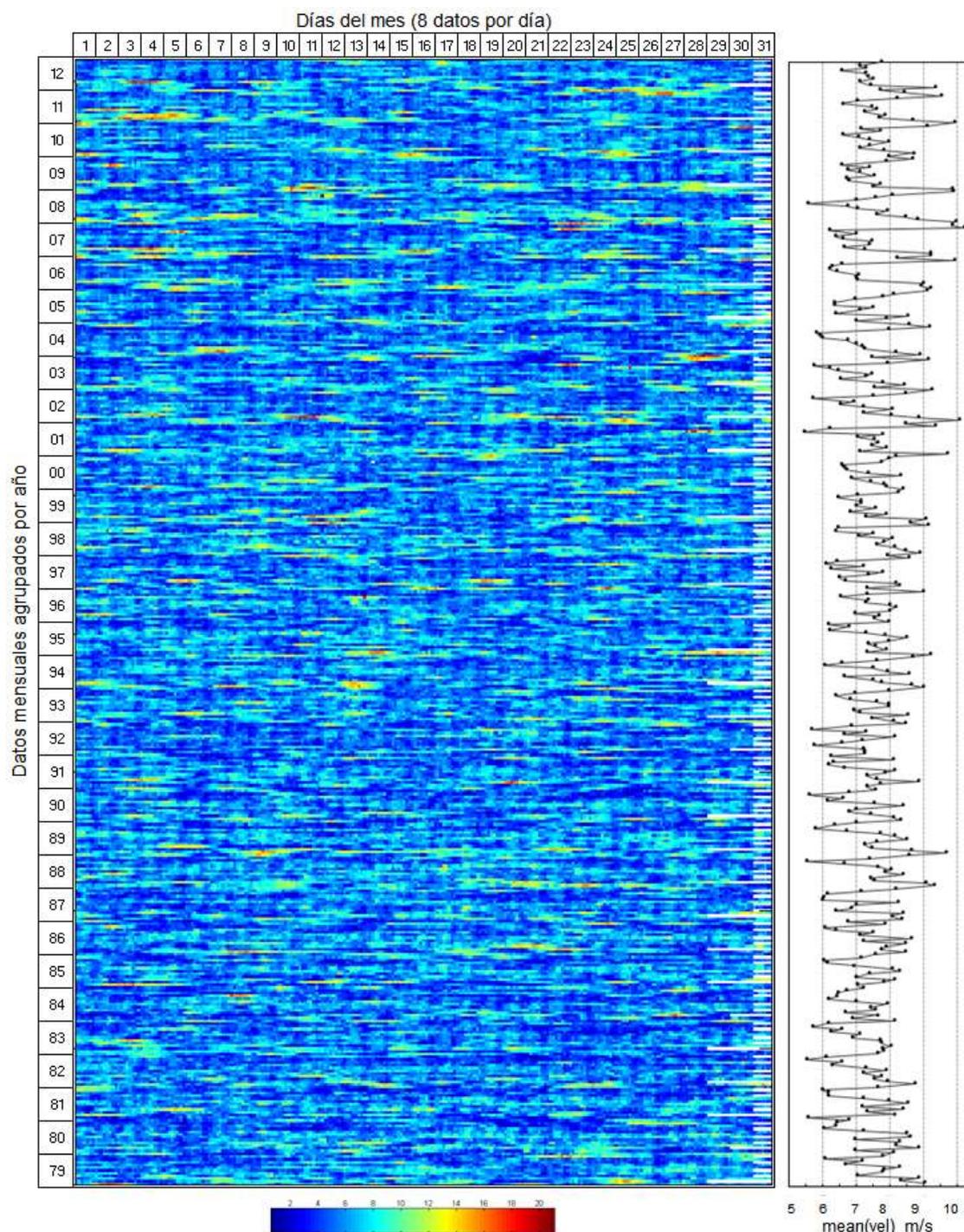


Figura 2. Matriz de valores máximos de la velocidad del viento (m/s) a 1000 hPa en la región central del Golfo de California del 01/ENE/1979 al 31/DIC/2012 en intervalos de 3 h (escala de colores en m/s). La gráfica de la derecha muestra la velocidad media mensual (m/s).

La variabilidad del viento en el golfo es fuertemente estacional. En general, en verano soplan vientos débiles del sureste y en invierno vientos más fuertes del noroeste a lo largo del eje del golfo (Merrifield y Winant, 1989). Sin embargo, en escalas de tiempo más cortas (de horas) es

posible observar vientos transversales al golfo, que tienen mayor influencia en el transporte de aerosoles hacia este mar marginal (Fig. 3). Baumgartner et al. (1991) sugirieron que gran parte del aporte terrígeno al Golfo de California se debe al aporte eólico asociado a las tormentas del desierto de Sonora, las cuales ocurren durante el verano.

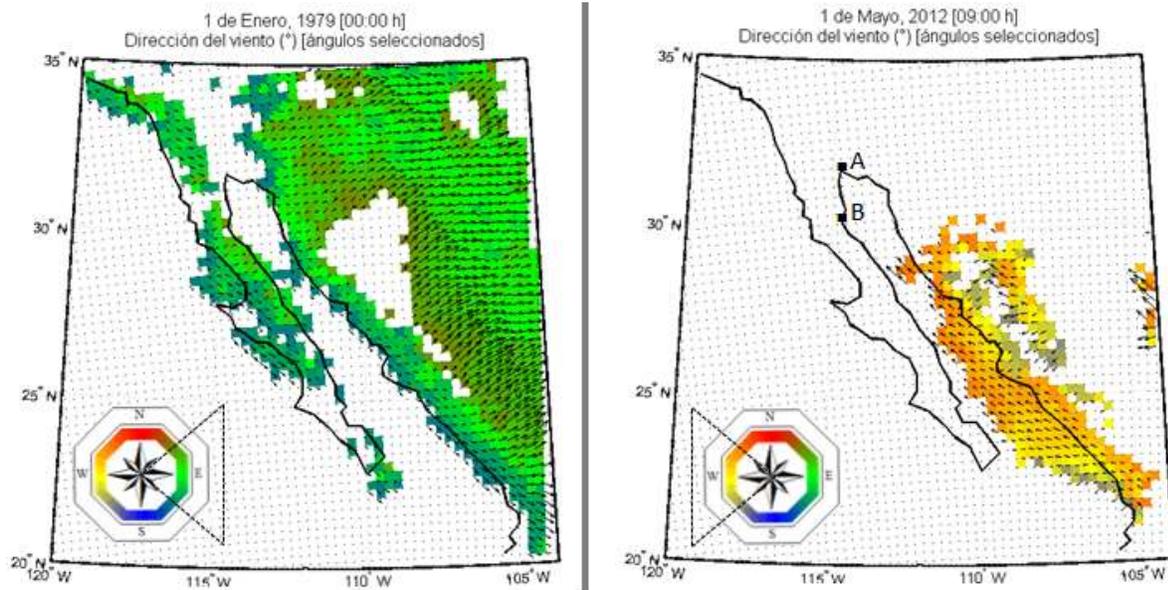


Figura 3. Selección de ángulos del viento con potencial de transportar aerosoles al Golfo de California (de 45 a 135° y de 225 a 315° para las imágenes del 01/ENE/1979 y 01/MAY/2012).

Para observar con mayor detalle esta variabilidad en el periodo de estudio, se examinó la dirección e intensidad del viento en ubicaciones costeras específicas. La Fig. 4 muestra un ejemplo de los resultados obtenidos en las localidades A y B señaladas en la figura anterior.

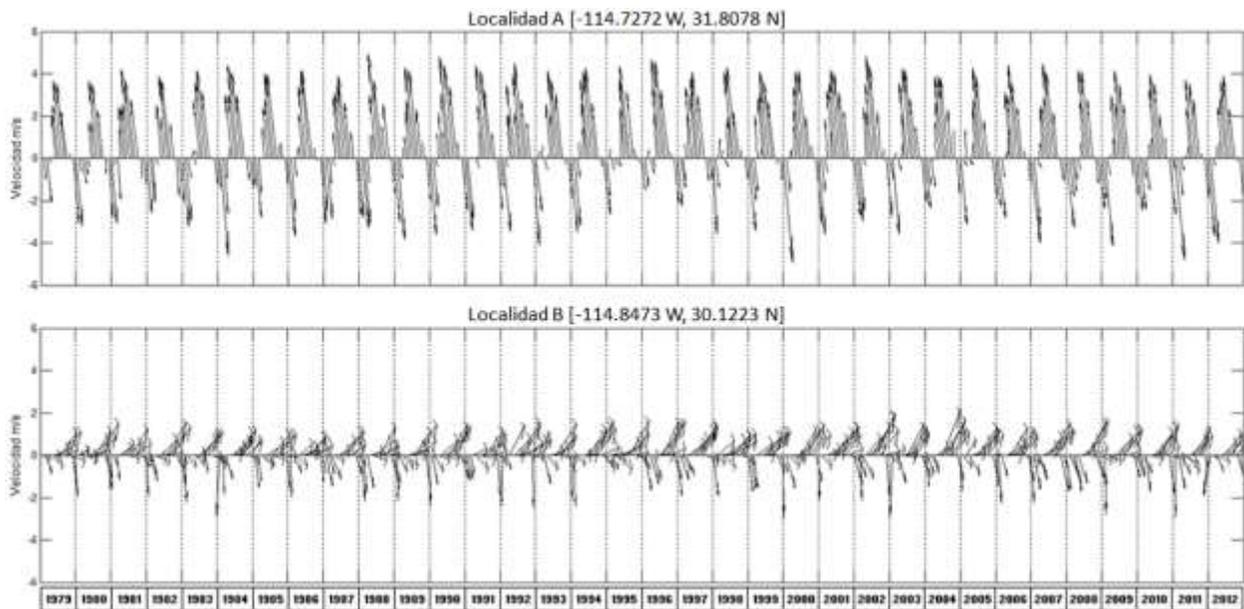


Figura 4. Variación de la intensidad y dirección del viento en las localidades A y B (ver Fig. 3) en 34 años (408 meses). Datos del día 15 de cada mes.

Conclusiones

Es necesario considerar la variabilidad diurna del viento a largo plazo para caracterizar regiones de la capa baja de la atmósfera con mayor probabilidad de transportar material hacia el Golfo de California, considerando también su ubicación con respecto a la línea de costa. Se infiere que el transporte de aerosoles no sigue necesariamente el patrón general de vientos en la región, sino que hay una influencia importante de transporte transversal al golfo. Por la configuración de la línea de costa del golfo y el patrón de vientos en ubicaciones específicas, la región del alto golfo tiene mayor probabilidad de recibir aportes de material terrígeno por vía eólica durante prácticamente todo el año. Un factor importante en la intensificación de los vientos en esta región coincide con el cambio de régimen climático (1988-1989), así como en los últimos 12 años del periodo de estudio, sin embargo es necesario realizar un análisis más detallado considerando otras variables para inferir los factores que intervienen en estos cambios en la intensidad del viento.

Agradecimientos

Este trabajo está siendo financiado por el proyecto CONACYT CB-2011-01-166897 "Flujo atmosférico de metales bioactivos y su solubilidad en el Golfo de California: un escenario hacia el cambio climático". Los datos de viento NARR fueron proporcionados por NOAA-ESRL Physical Sciences Division, Boulder Colorado (www.esrl.noaa.gov/psd/). Las imágenes de satélite están siendo proporcionadas por CONABIO (www.conabio.gob.mx) y por la NASA (oceancolor.gsfc.nasa.gov).

Referencias

- Arellano, H. J. 2011. Evaluación de aerosoles troposféricos del AMCM por medio de imágenes de satélite GOES. Tesis de Maestría. Centro Interdisciplinario de Investigaciones y Estudios sobre Medio Ambiente y Desarrollo (CIIEMAD), México, D. F., 94 p.
- Ayers G. P. and Gillet R. W. 2000. DMS and its oxidation products in the remote marine atmosphere: implications for climate and atmospheric chemistry. *Journal of Sea Research* 43:275-286.
- Baumgartner T. R., Ferreira-Batrina V., and Moreno-Hentz P. 1991. Varve formation in the central Gulf of California: A reconsideration of the origin of dark laminae from the 20th century varve record. En: *The Gulf and Penninsular Province of the Californias*. Chap 30. J. P. Dauphin y. Simoneit B. R. T (Eds.). AAPG Memoir. 47: 617-635.
- Chase, Z., A. Paytan., K.S. Johnson., J. Street y Y. Chen. 2006. Input and cycling of iron in the Gulf of Aqaba, Red Sea. *Global Biogeochemical Cycles*, 20, GB3017, doi:10.1029/2005GB002646.
- Jickells, T.D., Z. S. An, K. K. Andersen, A. R. Baker, G. Bergametti, N. Brooks, J. J. Cao, P. W. Boyd, R. A. Duce, K. A. Hunter, H. Kawahata, N. Kubilay, J. laRoche, P. S. Liss, N. Mahowald, J. M. Prospero, A. J. Ridgwell, I. Tegen, R. Torres. 2005. Global iron connections between dust, ocean biogeochemistry and climate, *Science*, 308, 67-71.
- King M., Kaufman Y., Tanré D. and Nakajima T. 1999. Remote sensing of tropospheric aerosols from space: Past, present, and future. *Bull Am Meteorol Soc*, 80: 2229-2259.
- Merrifield, M. A. and Winant, C. D. 1989. Shelf circulation in the Gulf of California: a description of the variability, *J. Geophys. Res.*, 94:18133-18160.

Miller, S. D. 2003. A consolidated technique for enhancing desert dust storms with MODIS. *Geophysical Research Letters*, 30:2071–2074.

Segovia-Zavala, J.A., Delgadillo-Hinojosa, F., Lares-Reyes, M.L, Huerta-Díaz, M.A., 2009. Atmospheric iron input and the sea-surface dissolved iron concentrations in the Gulf of California. *Ciencias Marinas*, 35:75-90.

Sosa-Echeverría, R., H. Bravo-Álvarez., P. Sánchez-Álvarez., R. Soto-Ayala., A. Alarcón-Jiménez y J. D. W. Kahl. 2007. *Ingeniería. Investigación y Tecnología*. VIII. 2: 71-83.

Ulden A. P. y Oldenborgh, G. J. 2006. Large-scale atmospheric circulation biases and changes in global climate model simulations and their importance for climate change in Central Europe. *Atmos. Chem. Phys* (6): 863-881.

Wang C., Xie, S. P. y Carton J. A. 2004. In *Earth Climate: The Ocean-Atmosphere Interaction*, Wang C., Xie, S. P. y Carton J. A. (ed). Monograph, 147, AGU, Washington D. C: 1-19.

Educación ambiental detonante del desarrollo sustentable

Dra. Jasso Ibarra S. L., M.C. Sánchez Montemayor J.

Instituto Tecnológico Superior de Monclova “Ejército Mexicano”

sandyjibarra@hotmail.com, jesus_sanchezm@hotmail.com

Resumen

El propósito de este estudio es explorar, mediante las técnicas de encuesta y observación, las actitudes y valores que las personas tienen con respecto al cuidado del Medio Ambiente. Se tomó como unidad de análisis un total de 250 personas de la población de Monclova, Coahuila mayor de 18 años y las variables que se utilizaron en el instrumento son: Aire, Agua, Suelo, Ecosistema, Residuos Tóxicos, Educación y las actitudes de la población con respecto a estos factores. Los resultados obtenidos muestran que la población si conoce lo que es la contaminación y el deterioro del medio ambiente, así como términos como el cambio climático, porque ha recibido información tanto en la educación formal como a través de los medios de comunicación masiva, sin embargo sus actitudes en la realización de actividades diarias demuestran gran diferencia con lo expresado en la encuesta. Es por ello que la técnica de la observación se eligió como complemento de la información de la encuesta, por ello se detectó la diferencia entre lo que la población dice y lo que hace. La finalidad es propiciar en el entorno social una concientización de la problemática ambiental y la necesidad de mayor participación comunitaria mediante programas de Educación Ambiental Formal e Informal, así como en las empresas del sector industrial principalmente debido esto a la naturaleza de la industria de Monclova y la Región. Es importante mencionar la relevancia de la participación de los jóvenes universitarios en el diseño, organización e implementación de campañas, proyectos y actividades de educación ambiental dirigidas a la población en general de una manera sistemática y responsable promoviendo los valores fundamentales del ser humano y su entorno natural.

Palabras clave: Contaminación, Educación, Medio ambiente, Residuos tóxicos

Abstract

The purpose of this study is to explore, through survey and observation techniques, attitudes and values that people have regarding the care of the environment. Was taken as the unit of analysis a total of 250 people from the town of Monclova, Coahuila over 18 years, and the variables used in the instrument are: Air, Water, Soil, Ecosystem, Toxic Waste, Education and attitudes of the population with respect to these factors. The results show that the population if you know what pollution and environmental degradation, as well as terms such as climate change, because it has received information in both formal education through the mass media, however their attitudes in performing daily activities show great difference as expressed in the survey. That is why the technique of observation was chosen to complement the information from the survey, it was detected by the difference between what people say and what they do. The purpose is to promote the social environment an awareness of environmental issues and the need for greater community involvement through programs of Formal and Informal Environmental Education , as well as industrial companies mainly due to the nature of this industry and Monclova the Region.

It is important to mention the importance of the participation of university students in the design, organization and implementation of campaigns, projects and environmental education activities aimed at the general population in a systematic and responsible for promoting the fundamental values of human beings and their environment naturally.

Key words: Education, Environment, Pollution, Toxic Waste

Introducción

El recurso más importante de un ser humano es su pensamiento y a partir de él, las acciones en que éste se traduce son las que determinan su esencia y su valor.

Actualmente es importante considerar que en la historia de la educación formal no está inmersa la Educación Ambiental, por lo menos no en la concepción que la realidad demanda, existen intentos de diagnóstico y planificación de ésta, sin embargo se tiene un largo trecho por recorrer y la actitud que las personas asumamos al respecto es la vida de la esperanza de detener el deterioro que las actividades antropogénicas están causando al medio ambiente.

Por otra parte, deberemos aceptar que las actitudes son también detonadas a través de los valores de las personas, así, entendemos por valores a los criterios aprendidos que nos predisponen actuar de una determinada manera.

Hemos encontrado en este trabajo que es sumamente importante atender las actitudes y valores que la comunidad practica con respecto al cuidado del medio ambiente y a partir de ello abordar de manera adecuada la cuestión de la educación ambiental, que se convierte en la verdadera propuesta del proyecto, es decir, se propone que a través de la educación ambiental es que se pueden fomentar las actitudes adecuadas y amigables con el medio ambiente a partir de los valores personales y comunitarios.

Metodología

Es conveniente recordar que actualmente las universidades han incluido en sus programas de estudio asignaturas orientadas al desarrollo sustentable, es decir, es necesario realizar acciones que son responsabilidad de todos, encaminadas a lograr en lo posible un equilibrio entre el desarrollo económico, social y ecológico, solo así se lograría de alguna manera un proceder humano más amigable con el entorno natural y a largo plazo disminuir el grado de deterioro de nuestro planeta.

El presente proyecto nació por la iniciativa de un grupo de estudiantes de 8º. Semestre de la carrera de Ingeniería Mecánica, ellos quisieron conocer cuáles son las actitudes y los valores que la gente de Monclova practica con respecto al medio ambiente, para lo cual se llevó a cabo una investigación de campo a través de una encuesta y la técnica de la observación para ratificar las respuestas obtenidas. Se incluyen en la encuesta variables como Ecosistemas, Medio Ambiente, Basura, Contaminación de Suelo, Aire y agua, así como Normatividad ambiental.

Marco teórico

La aguda crisis ambiental es producto de cambios ecológicos y sociales que al interactuar están ocasionando un impacto cualitativo sin precedentes en el funcionamiento de la ecosfera. Este cambio global, que afecta el conocimiento científico, los valores, actitudes y formas de conocer, afecta también nuestra capacidad de relacionarnos con nosotros mismos, con los otros y con la naturaleza, al tiempo que nos restringe la posibilidad de tener otra visión sobre el mundo.

Por algún tiempo se consideró a la educación ambiental desde un enfoque eminentemente naturalista o ecologista, aparentemente guiado por un profundo sentimiento de culpabilidad humana por la grave explotación de los recursos que la naturaleza ha otorgado al hombre para su supervivencia.

Por fortuna quienes se han dedicado al análisis de la situación de crisis que vivimos en el planeta en todos los aspectos, han logrado a través de sus intervenciones desde distintos ámbitos, propiciar en el resto de la sociedad la necesidad de reflexionar y llegar a la conclusión de que el ser humano forma una parte determinante de esa totalidad llamada naturaleza y que por lo tanto, lo que ocurra a éste se constituye asimismo un efecto positivo o negativo según lo que estamos viviendo.

Lo anterior lo podemos encontrar expresado en el discurso político y académico, para generalizar. Sin embargo en la práctica dichas reflexiones encuentran una proyección aún pobre. Sin embargo, dado que la educación en la amplitud del término corresponde a la sociedad en general, a través de las instituciones creadas por ella misma (familia, iglesia, escuela, estado) el problema ambiental se convierte en un asunto de corresponsabilidad.

La educación ambiental en el plano formal, es entendida como "integrante del campo general de la educación la cual es un punto de encuentro y de confluencia de distintos saberes... que posibilita romper las rígidas fronteras de las asignaturas tradicionales del curriculum, para que los estudiantes encuentren nuevos significados a su proceso formativo".

Lo anterior significa que ésta no debe ya traducirse en una programación de actividades ambientales temporales o constituirse en una moda, sino más bien incorporarse como un eje transversal del curriculum formal y no formal. Es decir, ya ningún ámbito de formación humana debe ignorar esta propuesta fundamentada en la perpetuación de la vida.

En nuestra sociedad el enfoque hasta hoy ha sido el lúdico-activista, el cual se sustenta en el hacer arbitrario y espontáneo, sin un fundamento educativo y un marco social y legal que permita darle seguimiento con actores responsables dedicados en forma exclusiva a ello, aún así se ha motivado a la sociedad en esas actividades, sin embargo no se le da seguimiento, lo que finalmente desanima y llena de frustración y desconfianza a quienes alguna vez aportaron no solo su tiempo sino materiales y en algunos casos recursos para participar en dichos proyectos.

Según la SEMARNAT, 2006, en su Estrategia de Educación Ambiental para la sustentabilidad, existen 8 dimensiones a considerar: Dimensión política, ecológica, epistemológica, pedagógica, ética, económica, cultural y comunicativa-educativa, cada una de ellas deberá estar presente en los proyectos que sean planeados y diseñados con la finalidad de promover a través de la educación los valores pertinentes para que la sociedad se sensibilice con respecto al cuidado del medio ambiente.

Por otra parte en el Plan de Educación Ambiental del Estado de Coahuila, se expresa que el plan pretende inducir en las comunidades escolares, en el entorno social y en el individuo la adquisición de una conciencia en relación con la problemática ambiental y sobre la necesidad de la participación comunitaria inmediata para lograr un ambiente con calidad en forma sustentable. En la elaboración del plan participaron dependencias de gobierno de los ámbitos estatal y federal, vinculadas con la gestión ambiental; autoridades municipales, instituciones educativas y de investigación, sector empresarial, organizaciones no gubernamentales, organizaciones de productores rurales y medios de comunicación.

En México, tanto como en el estado de Coahuila y en atención al Plan que el gobierno del estado ha diseñado en relación a la Educación Ambiental, es necesario considerar la Educación Ambiental formal y la Educación Ambiental No formal, de manera tal que toda la población en sus diferentes sectores tenga acceso a la formación en valores sustentables y participación en los diversos proyectos que se ponen en práctica para trabajar en la sociedad en general las actitudes y valores pertinentes para la cultura ambiental.

Retomamos los comentarios de Leonardo Meza Aguilar: Biólogo mexicano: La necesidad de educar a la población sobre las características y funcionamiento del medio ambiente ha estado siempre presente entre los educadores, aunque no recibía el título de educación ambiental. En todo caso, al presentarse la crisis ambiental y convertirse ésta en preocupación prácticamente de todo el mundo, se plantea la necesidad de una educación ambiental que colabore al establecimiento de relaciones más armónicas entre el ser humano y su medio ambiente, pretendiéndose de esta forma, resolver por lo menos en parte la problemática ambiental y en todo caso, prevenir la producción de nuevos y más graves problemas ambientales.

Resultados

Con el cuestionario realizado se pudo saber que de las 250 personas encuestadas, el 80% conoce el daño que le hace al ecosistema con las actividades diarias, el 20% no lo sabe.

Por otra parte al ser cuestionadas, las personas hacen saber que el 60% de ellos cuida el medio ambiente, sin embargo a través de la observación realizada se pudo constatar que sus respuestas no se ven reflejadas en sus acciones, lo que deja de manifiesto la falta de congruencia entre las palabras y las actitudes de las personas, sin embargo a la misma pregunta el 20% respondió que no cuida el ecosistema en el que vive.

Cuando se pretende conocer si la población piensa que es el sector industrial principalmente el que contamina el suelo, el 70.67% responde que sí, mientras que el 29.33% considera que no.

El 80 % de las personas encuestadas están dispuestas a realizar acciones encaminadas a disminuir el daño que se causa al medio ambiente, de ellas el 60 % promueve en su entorno actividades que fomenten el cuidado del medio ambiente.

El 73 % de la población conoce las consecuencias de contaminar el aire. Sin embargo desconoce las diferentes formas de hacerlo, por lo que esto implica que se requiere informar a la sociedad acerca de estrategias encaminadas al control de emisiones contaminantes a la atmósfera.

El 47 % de la población acepta que en la familia se fomentan los valores como el respeto y la responsabilidad, es por ello que el 43 % realizan acciones para el cuidado del medio ambiente, en referencia a lo anterior se ha observado que las personas participan con una actitud propositiva, sin embargo es circunstancial y no se da seguimiento a las actividades que realizan como proyecto, es decir, una vez terminado, no lo fomentan en casa.

Es sumamente importante mencionar que el 87% de la población no conoce la legislación ambiental, es por ello que a algunas personas no les preocupa las consecuencias de sus acciones porque ignoran las sanciones que existen en el incumplimiento de dicha legislación, debemos considerar en lo anterior la participación que las autoridades deberán tener para la difusión y aplicación de dichos reglamentos por parte de los diversos sectores de la sociedad.

El 95 % de la población sabe lo que significa contaminación y el 93 % no le gusta contaminar, sin embargo acepta que no conoce suficiente sobre las estrategias o actividades que se pueden realizar para frenar el daño que se está causando al medio ambiente con nuestras actividades diarias.

El 80 % del total de las personas encuestadas manifiesta su interés por educarse en temas relacionados al cuidado del medio ambiente, lo que abre un área de oportunidad para los educadores ambientales y los contenidos encaminados a sensibilizar, concientizar a la población capacitándolos para aplicar las estrategias necesarias en cada una de las áreas afectadas como son la contaminación del agua, suelo, aire, y la biodiversidad.

Conclusiones

En los datos recopilados pudo apreciarse que tanto los niños, los adolescentes y jóvenes como los adultos, evidenciaron madurez social al reconocer que el deterioro ambiental es responsabilidad de todos por igual y que son las mismas actividades humanas las que lograrán aminorar el impacto de dichas actividades en el mediano y largo plazo. Es por ello que aceptan que se tienen que realizar acciones para fomentar una cultura ambiental en el corto y mediano plazo, además de que están dispuestos a participar en los programas de educación ambiental formal y no formal, tomando en cuenta que es un reto y responsabilidad de toda la sociedad.

Consideran no solo el daño directo que recibe el ambiente por las actividades diarias sino la disposición que se tiene para desarrollar actividades remediales en diferentes sectores de la sociedad.

El presente trabajo representó un reto importante para los miembros del equipo que lo llevó a cabo, de tal forma que se pudo diagnosticar las debilidades que Monclova y la región tienen con respecto a la Cultura Ambiental, por lo que se propone la creación de una campaña con proyectos de educación ambiental dirigidos a los diferentes sectores de la sociedad en donde se cuente con la participación de personas comprometidas con el tema de la Sustentabilidad y la conservación del Medio Ambiente.

En dichos proyectos se requiere abordar los temas con actividades propias de cada una de las variables contempladas en este trabajo, tales como el manejo adecuado de la basura y acciones encaminadas a evitar la contaminación de agua, aire, suelo y sobre todo el uso racional de los recursos naturales con actividades de reciclado y reutilización de materiales, incluidos como modelos de utilidad en hogares, oficinas, instituciones, así como materiales convertidos en materia prima en la elaboración de productos satisfactorios de las necesidades sociales.

Referencias

Plan de Educación Ambiental de Coahuila

C. Tyler Millar, Jr. Edición, Thomson, España, (2002), Introducción a la ciencia ambiental. Desarrollo sostenible de la tierra. 5ª. ISBN: 84-9732-053-0.

Franco Toriz, Verónica, Eastmond Spencer, Amarella, Viga de Alva, María Dolores, Educación y Cultura Ambiental, Educación Ambiental para la Sustentabilidad.

Grundy, Sherley (1994).El Currículum: Producto o Praxis. Ed. Morata. Madrid. 2ª. Edición 278 p.

Meza-Aguilar, Leonardo, 1992 Educación ambiental. ¿Para qué? NUEVA SOCIEDAD NRO.122 NOVIEMBRE- DICIEMBRE, PP. 176-185

Cañal, Pedro, (1981), ECOLOGIA Y ESCUELA. TEORIA Y PRÁCTICA DE LA EDUCACION AMBIENTAL. Barcelona, España, Laia; El trabajo de campo en la educación ambiental.

**Evaluación de un programa de educación ambiental mediante una
estación de lombricomposta dirigido a niños de primaria
en el estado de Tabasco**

Desarrollo de competencias en sustentabilidad (Educación ambiental)

**Hernández Hernández Guadalupe, Arias-Santos Nely Nayeli,
Aguilar May Bily, De la Rosa González Erika.**

Instituto Tecnológico Superior de Villa La Venta

guadalupehh.1@gmail.com

Resumen

El presente trabajo describe el uso de una estación experimental de Lombricompostaje en el Instituto Tecnológico Superior de Villa La Venta (ITSLV), con el objetivo de fomentar el desarrollo de competencias de educación en desarrollo sustentable en niños de primaria. Como gestor de la educación ambiental en dicha comunidad, en esta ocasión se trabajó con niños de segundo año de primaria de la escuela Hermenegildo Galeana ubicada a 500 metros del ITSLV, implementando actividades como; pláticas, presentaciones multimedia, actividades de campo y demostrativas, con el propósito de desarrollar habilidades y competencias en los temas y cuidados del medio ambiente de manera sustentable, esta herramienta permite a los niños desarrollar sus capacidades críticas, reflexivas y creativas, sobre la relación que el ser humano guarda con su entorno, el desarrollo de estas habilidades desde las primeras etapas de la educación conllevan a una apropiación de estos valores y una efectiva aplicación de estas buenas prácticas. Uno de los resultados más importantes de este trabajo fue la integración de los padres de familia en las actividades que sus hijos desarrollaron, ampliando las expectativas sobre la inclusión de una estación de Lombricompostaje en el nivel básico, además una de sus ventajas es que la estación tiene requerimientos mínimos de instalación y puede implementarse en espacios reducidos. Los temas que se abordaron en este trabajo son: separación de la basura, cuidado del medio ambiente, mejores prácticas del uso del suelo y usos de lombricomposta en jardines de la escuela, sin embargo estos temas no se limitan a un solo grupo pues es posible adaptar a esta herramienta actividades enfocados a otros niveles de educación.

Palabras clave: Lombricompostaje, Desarrollo de Competencias, Sustentabilidad.

Abstract

This paper describes the use of a worm composting station in the Instituto Tecnológico Superior de Villa La Venta (ITSLV), as manager of environmental education in the community, this time we worked with second grade school located Hermenegildo Galeana a few meters of ITSLV, implementing activities like talks, multimedia presentations, field activities and demonstration in order to develop skills and competencies in the subjects and care of the environment in a

sustainable manner, this tool allows children to develop their critical capacities, reflective and creative, about the relationship that keeps humans with their environment, the development of these skills at the early stages of education lead to an appropriation of these values and effective application of these good practices, most relevant to this work is that it allowed the integration of parents in activities that their children developed, expanding expectations about the inclusion of a worm composting station at the basic level also one of its advantages is that the station has minimum requirements installation and can be implemented in small spaces. The topics discussed in this paper are: separation of waste, environmental care, better land use practices, use of worm composting in the gardens of school, but these topics are not limited to only one group it is possible adapt this tool focused activities at other levels of education.

Key words: Lombricompost, development of competitions, sustainability, environment, environmental education.

Introducción

Con base en los problemas actuales en materia del medio ambiente y aunado a la falta de conciencia ambiental en la gran mayoría de la población de esta zona, el presente proyecto de investigación pretende utilizar como herramienta para el fomento de esta competencia en educación ambiental un área experimental de lombricompostaje que es una técnica de tratamiento de basura orgánica muy noble, de bajo costo y que es posible trabajarlo mediante la utilización de materiales reciclados, esta técnica de lombricompostaje engloba una serie de conocimientos en aspectos ambientales donde los alumnos experimentan por si mismos los beneficios de esta técnica y con esto se logra un conocimiento integrador en cuanto a las materias que tiene que ver con ciencias naturales y además fomentar una educación ambiental en los niños, quienes serán portavoces de esta cultura ambiental.

Cerca del 50% de la basura domiciliaria está formada por materia orgánica factible de ser procesada y convertida en abono en los propios lugares de origen, pudiendo utilizarse en jardinería o huerta familiar. (Palancar y Lanfranco, 2012), por lo que el lombricompostaje es una técnica que permitirá usar de manera sustentable la basura orgánica que se genera, además favorecerá la práctica de las 3R (Reducir, Reutilizar, Reciclar) impulsadas desde la primaria en los temas de ciencias naturales, así como la práctica del consumo sustentable, finalmente favorecerá la formulación de propuestas para mejorar la calidad de vida y el desarrollo sustentable de la comunidad.

Con relación a la educación formal en México, se han llevado a cabo, a nivel institucional, diversos esfuerzos para insertarla dentro del currículum, sobre todo en los niveles de educación básica, con diferentes enfoques y conceptualizaciones. En la más reciente reforma a los Planes y Programas de Estudio de Educación Primaria, en 1993, se hace un esfuerzo por integrarla tratando de equilibrar la formación y la información encaminándola hacia el desarrollo sustentable y buscando modificar la visión antropocéntrica. No se conforma como una asignatura, sino que se establece como contenidos insertos en varias de ellas. Según un análisis más detallado de los enfoques y niveles de manejo de los contenidos en los libros de texto, realizado por Barrera (1999), no es tratada como una dimensión que abarque todas las asignaturas, no se logra un tratamiento homogéneo en todos los grados escolares, los niveles de conceptualización son diferentes, incluso en algunos grados, contradictorios y descontextualizados.

A pesar de que en el Plan y Programas de Estudio se marcan contenidos relacionados con la educación ambiental, y tanto en los libros de texto como en los Libros del Maestro se dan algunas orientaciones acerca de cómo trabajarlos, no hay un enfoque claro y consistente para

su abordaje. Es aquí donde la participación del docente al ejercer su práctica, es la clave que puede marcar la diferencia entre un tratamiento simplista, ecológico, y descontextualizado, a un abordaje integrador, con visión holística, promotor de actitudes críticas, participativas y solidarias, como la aplicación de esta técnica sustentable.

Es así como se plantean este trabajo de investigación, que permitirá medir en una población bien delimitada, la disponibilidad de los niños para aprender y modificar su actitud en la relación que este guarda con su medio ambiente, la técnica de Lombricompostaje no es una técnica nueva, sin embargo acercarla a los niños en edad escolar primaria, representa una alternativa para mejorar la sustentabilidad del medio ambiente, sobre todo que es fundamental la práctica de las actividades, pues con esta técnica los niños aprenden sobre el cuidado del medio ambiente de una forma interactiva, esto por supuesto que traerá impactos en la población adulta como línea directa sus padres, permitiendo que se sumen al proyecto de sus hijos, en beneficio de la sustentabilidad

Los problemas que enfrentan muchas de las comunidades en el estado de Tabasco es la inundación de los terrenos, pues por sus características orográficas y climáticas, este estado ha sido escenario de contingencias ambientales por inundación, uno de los factores que puede apoyar en la previsión de tales hechos es la educación ambiental, que es el objetivo primordial de este proyecto, está enfocado a la población más vulnerable ante estas contingencias pero que son la estructura fundamental de toda sociedad, los niños menores de 14 años, estos representan el 2.1% de la población en el estado de Tabasco(INEGI 2011), por lo que es necesario iniciar esta educación desde las primeras etapas en la formación de los estudiantes.

La técnica de Lombricompostaje puede ser una herramienta didáctica que favorezca esta formación en los niños con la finalidad de amentar las competencias en el cuidado y sustentabilidad del medio ambiente. Inicialmente esta técnica se aplicara con los niños antes mencionados, posteriormente, con base en los resultados se proporcionara a los profesores una capacitación sobre esta técnica, pues ellos son los que interactúan de manera directa con los niños de educación primaria. Como ejemplo, Melear y Lunsford (2007) publicaron un artículo donde describen cómo una estación de lombrices usada de manera temática y a largo plazo, puede proporcionar experiencias profundas y significativas que, de manera simultánea, abarcan una gran variedad de temas científicos. Otro ejemplo lo presenta Kelley (2010) quien plantea cómo una cama de lombrices puede demostrar una diversidad de conceptos científicos y es una herramienta valiosa en clases.

Al respecto y De acuerdo a González-Gaudiano (1998), los educadores ambientales necesitan empezar a producir conocimientos, no necesariamente del tipo que se obtiene en un laboratorio experimental, sino del que proviene del análisis de la realidad, para derivar de ahí las estrategias pedagógicas y continuar la propia agenda para la Educación Ambiental.

De esta manera se gestiona el desarrollo de las competencias en desarrollo sustentable, mediante la aplicación de esta área experimental pues es una técnica que propone todas las ventajas de interacción con los estudiantes, donde se les enseña haciendo y no como una simple información sin contextualizar en su realidad, además del objetivo educativo que se pretende con esta área experimental se darán a conocer las ventajas que esta técnica tiene y los usos que se les puede dar como mejorador del suelo, esta técnica es una de las opciones de manejo que más se están utilizando en el ámbito nacional e internacional, ya que se ha reconocido el valor nutricional y el potencial como mejorador de suelos de estos materiales. Estos materiales presentan las ventajas de favorecer la diversificación de la vida microbiana, a través de una mayor aireación y la diversificación de sustratos, dándole una mayor estabilidad al sistema suelo.

Por tal motivo la aplicación de esta técnica en el grupo piloto de niños de primaria es una forma de medir la influencia que estas actividades tienen en el desarrollo de sus conocimientos en el ámbito de sustentabilidad de su medio ambiente, de manera que puedan aplicarlo en beneficio de la comunidad.

En materia de educación ambiental en desarrollo sustentable existen paradigmas dominantes, pues uno de los objetivos que se persiguen en la educación es la de proporcionar información, sensibilizar y cambiar conductas, cuando se debe estar pensando en el desarrollo de competencias para la acción, anteriormente se pensaba que el problema ambiental tenía que ser resuelto por especialistas, actualmente todas las personas se deben sumar en la solución de los problemas ambientales, se hace énfasis en la ecología de los sistemas naturales cuando deberíamos pensar en no producir cambios irreversibles en la naturaleza, peor aún, prevalece en algunas comunidades una disociación entre las comunidades humanas y la naturaleza, cuando debemos tomar conciencia que la relación Hombre-Naturaleza es inseparable, pues nuestra supervivencia depende de la relación que tenemos con nuestro habita que es la tierra.

Es, por tanto, que se pretende cambiar esos paradigmas y desarrollar una educación orientada al desarrollo de competencias y capacitación para la acción, frente a la simple orientación.

Objetivo general

Evaluar un programa de educación ambiental a través del lombricompostaje, dirigido a potenciar el desarrollo de competencias de educación sustentable en niños de primaria de la escuela Hermenegildo Galeana en Villa la Venta, Tabasco

Metodología

La investigación se inicia de manera exploratoria pues esta técnica de Lombricompostaje es una técnica de la cual se conoce mucho o casi todo, pero no es de dominio general, en la encuesta realizada se puede verificar que los estudiantes no conocen esta técnica como tal, sin embargo, tienen todo el interés de conocerla y de alguna manera aplicarla a su vida diaria, pues esto es lo que se pretende desarrollar en los estudiantes, con la aplicación de esta técnica, para tal efecto se aplicó una primera encuesta a todos los integrantes del grupo.

El Proyecto se desarrolló en la escuela primaria Hermenegildo Galeana ubicada en Villa La Venta Tabasco utilizada como un piloto para la implementación de esta área experimental, Se trabajara primeramente con niños del 2do año, cuyas edades se encuentra entre los 7 y 8 años de edad, Este grupo piloto donde se trabajara con el área experimental se compone de 30 niños, de los cuales 12 son niñas y 18 son niños, así como una profesora de clase, se realizaran dos grupos de 15 niños cada uno que realizaran actividades en el área experimental. Cabe destacar que esta escuela está inmersa en un proyecto de recolección de botellas de plástico, sin embargo, los niños no tienen esa cultura de separación de basura por lo que no se ha podido avanzar como tal en el proyecto, como se aprecia en la siguiente figura número uno.

Esta escuela cuenta con la disposición y con una buena extensión de terreno para la implementación de esta área experimental que se trabajara durante 6 meses para valorar los resultados, una encuesta aplicada a este grupo de niños entre los 7 y 8 años de edad, se puede constatar que los niños tienen el interés y la disposición para aprender sobre el tema de educación ambiental.

A continuación se describe cada una de las actividades implementadas en el desarrollo de este trabajo.

1. Se aplicó una encuesta para verificar los conocimientos que los niños tiene sobre los temas ambientales, en dicha encuesta se verifica que el 85 % de los niños no tiene claro la diferencia entre los materiales orgánicos e inorgánicos.
2. Se realizó una plática con presentaciones multimedia a los niños con los conceptos básicos sobre el tema de lombricomposta, términos, definiciones y sus aplicaciones, en la cual el 100% de los niños manifestaron una participación activa y dinámica.
3. Se desarrolló una práctica para la correcta disposición de la basura tanto orgánica como inorgánica con la finalidad de identificar y seleccionar el tipo de basura orgánica con la que se trabajara en la estación.
4. Se solicitó a los alumnos que llevaran al salón de clase diferentes tipos de frutas, como plátano, mango, manzana, pera entre otros, los cuales consumieron e inmediatamente se realizó la composta, puesto que es necesario que la materia orgánica tenga un pre compostaje de una semana aproximadamente para que pueda ser degradada por la Lombriz Californiana roja (*Eisenia foetida*) que es la que se utiliza para nuestro caso de la estación Experimental.



Figura 2. Práctica de separación de basura



Figura 3. Elaboración de una composta para preparar la Materia orgánica.

5. Posterior a esta actividad se realizó la incorporación de dicha composta a las camas de Lombricompostaje, las cuales son de material de plástico Reciclado de contenedores o tanques de 200 L.



Figura 4. Platica sobre la forma de alimentar a las lombrices de Tierra.

6. La estación de Lombricompostaje se ubica en las instalaciones del Tecnológico Superior de Villa La Venta, el cual se encuentra aproximadamente 500 m. de distancia de la Primaria donde se trabaja con el proyecto, por lo que no representa ningún problema para realizar el traslado de los niños a las instalaciones del ITSLV, ya que dicho traslado se realiza en el autobús del Tecnológico.



Figura 5. Conteo de las Lombrices con los estudiantes del ITSLV previo a las actividades con los niños.

7. Las actividades que se realizan con los niños, se llevan a cabo en colaboración de un grupo de diez estudiantes que integran un club de ambiental del ITSLV, para apoyar a los niños en sus actividades, ya que, para dichos alumnos también es de mucha importancia las aplicaciones experimentales de dicha estación puesto que en particular ellos realizan la medición de los parámetros fisicoquímicos del humus generado, como son pH, conductividad, Nitrógeno Total, entre otros.
Esta actividad en campo, permite activar los sentidos de los niños contribuyendo a un bioaprendizaje, en el que los niños interactúan con el medio ambiente de las lombrices, observan y remueven la tierra para palpar su consistencia



Figura 6. Aplicación de Humus.

8. De acuerdo con la Norma Mexicana NMXFF-109-SCFI-2008 (SECOFI, 2008) El proceso de degradación completa de la materia orgánica mediante la acción digestiva de la lombriz de tierra, se logra después de transcurrir tres meses aproximadamente, finalmente se realizan plantaciones de hortalizas o flores ornamentales en recipientes reciclados como latas de leche o de plástico como son los envases de refrescos entre otros.
9. Como última actividad se realizó una presentación demostrativa ante profesores y padres de familia involucrados en el proyecto, donde los niños expusieron, con sus propias palabras las experiencias que tuvieron a lo largo del desarrollo de las actividades implementadas, de manera que se pueda medir de forma cualitativa el dominio del tema con relación a los temas ambientales así como sus habilidades de adaptar dicho conocimiento a otros contextos.



Figura 7. Jardín escolar en la Escuela Hermenegildo Galeana.

Las experiencias piloto del área de lombricompostaje, está vinculada con la educación de desarrollo sustentable en los siguientes ámbitos:

- a) Conciencia ambiental
- b) Separación de la basura
- c) Cuidado del medio ambiente
- d) Mejores prácticas del uso del suelo.
- e) Usos de lombricomposta en jardines de la escuela.

En esta investigación se considerara a los padres de familia como parte impulsora para el desarrollo de esta competencia, en sus hijos, por lo que se aplicaran las encuestas únicamente a este grupo de alumnos así como a sus padres y profesores que estén relacionados con esta prueba piloto, con la finalidad de recopilar datos que muestren los resultados de este trabajo en cuanto al desarrollo de las competencias.

Procedimiento de recolección de datos

Esta implementación del área de lombricompostaje piloto ha incorporado en su diseño los elementos necesarios para realizar un estudio evaluativo de sus resultados, de manera que, se puedan llevar a cabo las pertinentes adaptaciones en nuevas experiencias docentes y con alumnos de otros niveles basados en competencias, para la implantación de metodologías y estrategias activas de aprendizaje.

Así, la evaluación se realiza de forma continua, teniendo en cuenta los distintos momentos del proceso de trabajo, los diferentes espacios y actividades implementadas con los estudiantes, equipo docente, para lo cual se implementaron diversos instrumentos de evaluación tales como: cuestionarios, grabación de actividades demostrativas de lo aprendido realizadas por los niños, así como un informe sobre las actividades prácticas educativas realizadas.

En la tabla 1 se muestra una escala de diferencial semántico, que se aplica a los niños que participan en la prueba piloto del área de Lombricompostaje, donde se valora el grado de aceptación y desarrollo de competencias en el ámbito de desarrollo sustentable, desde el punto de vista de los niños.

La escala diferencial permite obtener información relacionada con cada actividad implementada, dicho instrumento, se aplicó en dos momentos del desarrollo del proyecto, con la finalidad de visualizar algunas variaciones en cuanto a la percepción y aceptación de los temas que se desarrollaron.

El cuestionario de la tabla 2, se aplica a los padres y profesores involucrados en el proyecto de tal manera que se verifique el avance de los niños en su entorno familiar y en el ámbito escolar

con relación a los temas ambientales y de sustentabilidad, los resultados obtenidos son favorables pues se refleja ciertos cambios de conductas en los niños, dentro de las más relevantes podemos mencionar que mantiene limpio su salón de clases depositando en su lugar la basura, además empezaron a reutilizar botes de agua entre otras actitudes.

Tabla 1. Escala diferencial aplicada a los niños: valoración de la experiencia piloto.

LAS ACTIVIDADES REALIZADAS EN EL AREA DE LOMBRICOMPOSTAJE.			
1	Me ha ayudado a ampliar mis conocimientos sobre el tema	1 2 3 4 5	
2	Me ha ayudado a comprender y relacionar aspectos relevantes sobre el cuidado del medio ambiente.	1 2 3 4 5	
3	Han incrementado mi capacidad de aplicación de los contenidos del tema a situaciones reales	1 2 3 4 5	
4	Han mejorado mis habilidades de trabajo en equipo	1 2 3 4 5	
5	Han incrementado mi interés por la Educación ambiental	1 2 3 4 5	
6	Han mejorado mis habilidades en la elaboración de composta.	1 2 3 4 5	
7	Me ayuda a mejorar mi relación con la naturaleza.	1 2 3 4 5	

Tabla 2. Cuestionario a profesores y padres de familia: valoración de la experiencia piloto.

LAS ACTIVIDADES REALIZADAS EN EL ÁREA DE LOMBRICOMPOSTAJE.			
1	Esta área de Lombricomposta apoya el desarrollo de los niños en materia de educación ambiental.	1 2 3 4 5	
2	Los niños comprenden y relacionan aspectos relevantes sobre el cuidado del medio ambiente.	1 2 3 4 5	
3	Han incrementado las habilidades de los niños en cuanto a la aplicación de estos temas a situaciones reales.	1 2 3 4 5	
4	Han mejorado las actitudes del niño en cuanto al cuidado del medio ambiente.	1 2 3 4 5	
5	Ha incrementado mi interés por la Educación ambiental.	1 2 3 4 5	
6	En casa, se realiza una separación de la basura.	1 2 3 4 5	
7	Ha cambiado mi relación con la naturaleza.	1 2 3 4 5	

Conclusiones

Durante el desarrollo de este proyecto experimental, se observa una excelente participación del grupo piloto, los niños practican las formas de separación de la basura en su salón de clase, haciéndolo extensivo a sus compañeros de otros salones, han desarrollado una capacidad crítica con relación al cuidado del medio ambiente, invitan a sus demás compañeros de salones contiguos a que realicen también estas buenas practicas, esta técnica permite al niño extrapolar este conocimiento a su hogar y de esta manera hacer conciencia con sus familiares, sobre los cuidados del medio ambiente así como del consumo responsable de los alimentos y reincorporarlos al medio ambiente, de acuerdo a los avances del proyecto y de las encuestas aplicadas, los niños muestran una amplia disposición para la realización de las actividades, durante los primeros dos meses se observa un comportamiento diferente en los niños, por ejemplo el salón permanece limpio, la basura la depositan en el contenedor que le corresponde, las actividades de campo les gusta mucho, el grupo en general se muestra participativo y muy dinámico.

Lo más relevantes de este experimento es la capacidad que tienen los niños para explicar los temas que se abordaron en este trabajo, así como la enorme necesidad de interactuar con la naturaleza, las principales barreras identificadas son que algunos académicos piensan que la sustentabilidad es todavía un tema abstracto y distante de la realidad e incluso demasiado amplio, por lo que es necesario hacer hincapié en las bondades de la lombricomposta para con el medio ambiente, de manera que nuestra relación con nuestro medio ambiente sea de respeto y responsabilidad en pro de su cuidado. De acuerdo a lo observado y evaluado en este programa, esta técnica de lombricompostaje puede implementarse como proyecto escolar en las primarias de educación básica en diferentes niveles, con el propósito de iniciar de manera

formal en los temas de educación ambiental, ya que no se requiere de grandes extensiones de terreno y su implementación no representa una gran inversión puesto que se puede trabajar con materiales reciclados. La educación ambiental es necesaria para garantizar un sano desarrollo de nuestro medio ambiente y al mismo tiempo aseguramos la supervivencia del ser humano en un entorno saludable y sustentable.

Referencias

Palancar, T., & Lanfranco, J. W. (2012). La educación ambiental para la capacitación pública en la reducción de residuos orgánicos urbanos. In *IV Congreso Nacional y III Congreso Internacional de Enseñanza de las Ciencias Agropecuarias*.

Barrera Linares, L., & Fraca de Barrera, L. (1999). *Psicolingüística y desarrollo del español II. Caracas: Monte Ávila Editores Latinoamericana*.

INEGI (2011).

Melear, C. T., & Lunsford, E. (2007). Worms cultivate our curriculum: A long-term, theme-based Unit. *Science Activities: Classroom Projects and Curriculum Ideas*, 44(2), 48-54.

Kelley, R. L. *Worms in the college classroom: More than just a composting demonstration*. *Journal of College Science Teaching*, 39(3), 52-55 (2010)

González Gaudiano, E. (1998). Centro y periferia de la educación ambiental: un enfoque antiesencialista. *México: Mundi Prensa México*.

SECOFI. *Norma Mexicana. NMXFF-109-SCFI-2008 Humus de Lombriz (Lombricomposta)-Especificaciones y Métodos de Prueba*. Secretaría de Comercio y Fomento Industrial. Diario Oficial de la Federación, 26 de mayo (2008).

El mezcal de Durango, México: un análisis histórico, biológico y económico para su producción sustentable

Rosas Medina Imelda ¹, Colmenero Robles Aurelio ¹,
Naranjo Jimenez Néstor ², Rodríguez García Jair Hissarly ³

¹Secretaría de Investigación y Posgrado (SIP), Instituto Politécnico Nacional.

²Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional (CIIDIR)-
Unidad Durango, Instituto Politécnico Nacional. ³Alumno del Programa Institucional de
Formación de Investigadores (PIFI) del IPN adscrito al proyecto SIP 20130376.

imelros@hotmail.com

Resumen

Los hallazgos más recientes de la elaboración del mezcal en esta región, indican que formó parte de las culturas precolombinas. La destilación con alambiques llegó a América, con los españoles. La producción de mezcal fue una bebida prohibida, por la Corona Española desde 1529 a finales del 1790. En la Nueva Vizcaya (Durango en la actualidad), en 1783, se solicita la introducción legal de mezcal a través de puesto de control conocidos como "garitas" con destino a la Villa de Durango y en el año de 1804 se solicita la licencia de venta con fines de recabar impuestos para diversas funciones públicas. El mezcal es una bebida tradicional de México, se elabora con agave silvestre de 8-10 años de madurez. En Durango la especie de agave silvestre utilizada es *Agave durangensis* Gentry, llamado cenizo, el cual es colectado en la zona, de acuerdo a autorizaciones otorgadas por la SEMARNAT. Lo agreste del terreno y lo escaso del recurso hace que los costos de producción se incrementen. Se ha iniciado la producción de plántulas de *A. durangensis* para su siembra en trescientas hectárea, algunas de ellas tienen de 7 a 8 años de plantadas, para su extracción sustentable. La producción de mezcal en Durango es realizada por ejidatarios y pequeños productores, de manera artesanal, irregular, heterogénea en la calidad y el volumen de mezcal certificado es reducido, condición común en los municipios de Durango, Nombre de Dios y El Mezquital. El común denominador es la desorganización que dificulta la comercialización y distribución, lo que repercute en sus ingresos, haciendo que sea una actividad de subsistencia. Es necesaria la suma de voluntades de todos los involucrados en la producción para darle certeza hacia una industria sustentable en lo social, económico y biológico en el Estado de Durango.

Palabras clave: agave, mezcal, *Agave durangensis*, Durango.

Abstract

The most recent findings of the production of mezcal in this region, indicate that they were part of pre-Columbian culture. The distillation stills came to America with the Spaniard. The production of mezcal was a drink prohibited by the Spanish Crown from 1529 to late 1790. In Nueva Vizcaya (Durango at present), in 1783, requested the legal introduction of mezcal through checkpoint known as "checkpoints" bound for the town of Durango and the 1804 license is requested purposes of collecting sales taxes for various public functions. Mezcal is a traditional drink of Mexico, is made with wild agave 8-10 years maturity. In Durango wild species of agave *Agave durangensis* Gentry used is called cenizo, which is collected in the area, according to authorizations granted by the SEMARNAT. The rugged terrain and resource scarcity causes production costs increase. Production has begun *A. durangensis* seedlings for planting in three hundred hectare, some of them have of 7-8 years old planted, for harvest sustainably. The Durango production of mezcal is made by ejidatarios and small producers, using traditional forms, irregular and

heterogeneous in quality and volume of certified mezcal is scarce, common condition in the municipalities of Durango, Nombre de Dios and El Mezquital. The common denominator is the disruption that hinders the marketing and distribution, which results in income, making it a subsistence activity. It required the sum of the wills of all involved in the production to give certainty to a sustainable industry in the social, economic and biological in the state of Durango.

Key words: agave, mezcal, *Agave durangensis*, Durango.

Antecedentes

Los agaves durante varios siglos, han tenido gran importancia cultural, social y económico en este país, ya que esta planta fue utilizada y aprovechada por los primeros habitantes de Mesoamérica de un modo tan completo como alimento, materia prima para construir viviendas y obtención de fibras. El género *Agave* se pueden reconocer por la forma de crecimiento por las grandes hojas suculentas y perennes a manera de roseta, el margen de la hoja termina en una serie de espinas casi siempre rectas y una espina terminal rígida, tallo muy corto con raíces fibrosas y presenta un escapo floral sobresaliente donde se encuentran las inflorescencias, en panícula o amento, con grandes flores amarillas que al madurar forman cápsulas triloculares con semillas negruzcas (González et al., 2009; Granados, 1993). El género se divide en los subgéneros *Littaea* y *Agave*, el primero se reconoce por las inflorescencias espiciformes o racemosas, mientras que, el segundo presenta inflorescencias paniculadas con las flores agrupadas en umbelas laterales (Gentry, 1982). Los agaves se multiplican por reproducción sexual mediante la polinización principalmente murciélagos nectarívoros, insectos diurnos y nocturnos (palomillas, abejas, abejorros) y aves (colibríes, aves). La reproducción asexual o vegetativa se favorece por la producción de vástagos que se surgen en la roseta los cuales pueden dar origen a colonias de clones con características genéticas similares a la planta madre o bien a partir de bulbilos presentes en las inflorescencias (González et al., 2009). Los agaves con inflorescencias paniculadas son polinizadas por los murciélagos *Leptonycteris curasoae*, *L. nivalis*, *Choeronycteris mexicana* y *Glossophaga* sp. Los agaves con inflorescencias espigadas son polinizadas durante el día principalmente por insectos o aves lo que hace que la transferencia de polen de una flor a otra en los magueyes polinizados ocurra por murciélagos de hábitos nocturnos (García, 2007). La producción de néctar, la concentración de azúcares del néctar y proteínas del polen pueden ser una clave importante para el tipo de polinizador. El contenido de proteínas del polen es generalmente bajo, entre 8-16 %, no así la concentración de azúcares que pueden ser más variables (Slauson, 1994). Investigaciones recientes, a manera de hipótesis, indican una fuerte tendencia a considera una estrecha coevolución entre agaves y murciélagos y en general se pueden considerar que los murciélagos representan un grupo útil como indicador de la calidad de un ecosistema, debido a que muchas especies son sensibles a la pérdida o a la fragmentación de su hábitat (Rocha et al., 2007; Zárate et al., 2012).

El “agave mezcalero” o “agave cenizo”, *Agave durangensis*, es un recurso estratégico al sur de Durango para una creciente industria regional de mezcal, conocidas como “vinatas”, que es impulsada por diferentes sectores, incluido el Gobierno Estatal y Municipal. Esta industria tiene el potencial de desarrollo para convertirse en una fuente generadora de empleos, siempre y cuando la materia prima, las poblaciones silvestres, se conserven para seleccionar los individuos adecuados y como alternativa se establezcan plantaciones con genotipos sobresalientes donde se lleve un estricto control de calidad a lo largo de todo el proceso de estos cultivares. La distribución geográfica de *Agave durangensis* se concentra en los municipios de Durango, Nombre de Dios, El Mezquital y Súchil en Durango y una sección muy restringida en el estado de Zacatecas lo cual indica que es una especie endémica de México. Las poblaciones naturales de *A. durangensis* son muy variable morfológicamente en tamaño,

color de hoja y forma de los dientes y en cuanto a su composición química y genética resultan ser muy distintas. Por lo que se ha llegado a considerar que se trata de un complejo taxonómico donde pueden estar involucradas varias especies (Almaraz, 2011; Vargas, 2009). Para algunos autores se inclinan a considerar que en la actualidad el género *Agave* presenta evidentes procesos especiación. El carácter halógamo y monocárpico son otros detalles que sobresalen en esta especie cuya reproducción es principalmente por semillas con un elevado porcentaje de germinación mayor al 95% cuando la temperatura es de 25°C (Ortega, 2009; Barriada et al., 2011). Las poblaciones naturales de esta especie se localizan en hábitats de pequeñas sierras donde es frecuente observarlas sobre laderas con pocos suelo, sustratos geológicos de rocas ígneas extrusivas conocidas como riolitas y conglomerados y sobre abanicos aluviales donde predominan el matorral xerófilo, pastizales y con poca frecuencia en bosques de encino(Cuadro No 1)

Cuadro No 1.-Distribución de *Agave durangensis* en los Estados de Durango y Zacatecas

Estados	Municipios	Localidad	Comunidad vegetal	Geoforma
Durango	Durango	Boca del Mezquital	Matorral de <i>Dasylirium-Fouqueria</i>	Ladera de sierra
		Sierra El Registro	Matorral de <i>Acacia-Prosopis-Opuntia-</i>	Ladera y abanico aluvial
	El Mezquital	Mezquital	Matorral de <i>Dasylirium-</i>	Ladera
		Temoaya	Matorral de <i>Dasylirium-Acacia</i>	Ladera de sierra
	Nombre de Dios	Sierra El Registro	Matorral de <i>Prosopis-Bursera</i>	Laderas de sierra y abanico aluvial
		El Venado	Matorral de <i>Fouqueria-Prosopis-Acacia</i>	Ladera de sierra
	Súchil	San Miguel de la Michilia	Bosque de <i>Quercus</i>	Sierra
		Reserva de la Biósfera de la Michilia.	Bosque de <i>Quercus</i> Bosque de <i>Quercus-Pinus</i>	Sierra
Zacatecas	Zacatecas	“Sierra Zacatecas”	Matorral de <i>Opuntia</i>	Sierra
		Sobre carretera ruta 54	Matorral de <i>Acacia-Opuntia</i>	Planicie

Fuente: Almaraz et al., 2009; Vargas, 2009; González et al., 1993. Maciel, 2010

El mezcal es una bebida tradicional de México muy similar al tequila pero que se elabora de manera artesanal a partir de varias especies de agave. El proceso comienza con la cosecha del agave silvestre después de 8-10 años de madurez, en esta etapa las plantas son cortadas desde su base y retirando las hojas, se obtienen las piñas, las cuales son cocidas en hornos recubiertos de piedras volcánicas previamente calentadas que soportan altas temperaturas y generan el calor suficiente para su cocimiento. En la subsiguiente etapa, los polisacáridos hidrolizados térmicamente para obtener un jarabe rico en azúcares que se somete a fermentación alcohólica mediante la acción de levaduras nativas y su posterior destilación para así obtener esta bebida (Contreras, 2008). La adopción del alambique filipino introducido por marineros de la Nao de China a la región de la costa del Pacífico en la Nueva España en el

siglo XVI (Valenzuela et al., 2008) y de manera casi simultánea el alambique de origen árabe traído por los españoles, permitió la elaboración de diversos aguardientes y entre ellos destaca la fabricación del “vino mezcal” a partir de las piñas cocidas de agave de acuerdo a las antiguas tradiciones precolombinas (Zizumbo and Colunga, 2008). En el siglo XVII la elaboración del vino mezcal, comenzó a tener mayor importancia cuando su producción se incorpora a las grandes haciendas de la Nueva España. Este esquema se difundió desde Nueva Galicia (hoy Jalisco), a las regiones vecinas de Nueva Vizcaya (Durango) y de Zacatecas (Aguascalientes y Zacatecas), porque su venta representaba un alto valor económico por la comercialización entre los estados con intensa actividad minera. Posteriormente su producción se realizó en estas zonas gracias a las múltiples especies de agaves silvestre cercanas a las regiones mineras (Flores, 1997; García, 2008). Esta bebida constituyó por más de dos siglos ser importante a pesar de estar prohibido su consumo por la Corona Española hasta los albores de la Independencia de México (Jiménez, 2009) y que era castigado con el encarcelamiento de acuerdo a las disposiciones del Tribunal de la Acordada (Bazán, 1964) y pena de excomunión para todas aquellas personas involucradas con su producción o manejo de este tipo de bebidas prohibidas ya que en el mes de mayo de 1725 se decretó en Durango de la Nueva Vizcaya un edicto episcopal que condenaba su consumo, reiteración que ocurrió en los años de 1756 y 1758 (Corona, 2001). Pero a pesar de estas disposiciones, en el año de 1789 ya se registran los primeros introductores del mezcal a través de la garita de Torre Blanca a la Villa de Durango a nombre de Gregorio de la Carrera, Juan María Rodríguez, José Antonio Rodríguez, Joaquín García Mariano de Heras y Pedro Terrones (Quiñones, 2010). En tanto hacia el periodo de 1800 al año de 1804, se solicitaba la fabricación y designación de sitios con licencia para venta de mezcal en la Ciudad de Durango, a fin de recabar suficientes impuestos para destinarlos a la edificación de casas consistoriales, casas reales, cárceles, alhóndigas y otras dependencias. Pero es un hecho que en el año de 1809 la venta de mezcal era objeto de la “alcabala del mezcal” en Tierra Blanca, Durango (AGN, 1809) y por último se localizó un expediente de 1816 que pretendía estancar el mezcal en la todavía Nueva Vizcaya. La producción de esta bebida provenía de ranchos mezcaleros situados en San Francisco del Malpaís, cercanos a la Villa de Nombre de Dios donde desde su fundación se ha documentado que entre las bebidas consumidas resalta el mezcal.

Materiales y métodos

La modalidad en el método consistió en la revisión de las fuentes bibliográficas referidas a la producción de mezcal en el propio Estado de Durango y en los Estados vecinos como Zacatecas, Aguascalientes, San Luis Potosí y Tamaulipas. Ubicación de vinatas y fábricas de mezcal. Así como la aplicación de un cuestionario con la finalidad de detectar la certificación de las unidades productoras, las marcas del mezcal producido y los mercados-destino de su producción. Con el objetivo de contribuir al conocimiento de la producción de mezcal, se realizó esta investigación a partir de una revisión bibliográfica, botánica histórica cultural y de producción. Además de un trabajo de campo que comprende entrevistas no estructuradas en los municipios de Nombre de Dios, municipio de Durango y el Mezquital a productoras familiares artesanales y productoras tecnificadas en dichos municipios, tanto como la identificación de especies vivas en plantación y en forma silvestre. Se entrevistó a funcionarios gubernamentales y académicos para determinar el estado social y económico del mezcal en Durango.

Resultados y discusión

1.-Las unidades productoras de mezcal en Durango se pueden catalogar en tecnología tradicional o artesanal, se les conoce como “vinatas” y la materia prima son las especies de *Agave durangensis*, *A. angustifolia* y *A. maximiliana* (García, 2010). En el estado de Durango, particularmente en los municipios de Nombre de Dios, Suchil, y Durango, se utilizan poblaciones silvestres de *A. durangensis* (Almaraz., 2011). Los magueyes seleccionados para la producción de mezcal varían en cuanto al contenido de azúcares entre el 8 a 26%, el tamaño de piña alcanza un peso de 6 a 400 kg y el tiempo de maduración puede presentarse entre los 4 y los 20 años, en razón de ello existe una fuerte variación en cantidad y calidad de los azúcares debido a la heterogeneidad del material genético utilizado como materia prima (Orea et al., 2011).

2.- El estado de Durango constituye uno de los siete productores de mezcal de nominación de origen debido a la gran cantidad de vinatas que produce esta bebida tradicional que ha dado como resultado la generación de un mezcal de excelente calidad para su degustación y venta en el ámbito local. Sin embargo, a pesar de los múltiples esfuerzos por parte de productores y organismos estatales que impulsan la tecnificación a fin de hacer eficiente su producción y formar parte de un importante eslabón dentro de la economía regional, la realidad es que presenta una constante discontinuidad en la adquisición de la materia prima, baja eficiencia en el rendimiento por kilogramo de piña, bajo volumen producido, con renuencia a la certificación y predominancia de productores independientes. Pero a pesar de la realidad que rodea al mezcal de Durango, existen pocos productores que han impulsado la certificación de su producción y han logrado colocar distintas marcas de esta bebida en el mercado nacional e internacional. El siguiente cuadro hace referencia a los pequeños productores de mezcal y productores de agave, ambos registrados en el Consejo Mexicano de la Calidad del Mezcal (COMERCAM) en el año de 2004.

Cuadro No. 2. Relación de pequeños productores de mezcal y agave

Nombre del empresa productora de mezcal	Nombre del productor de agave
Mezcal de Durango S. de R.L.	Maclovio Rojas Serrano
Apaluz S. de R. L.	Productores de maguey y derivados
Los Malpaíses S.P.R. de R.I.	Ejido de san Francisco de Malpaís
Joyas de Romero Tradición y Vida	
Clara Elda Rojas Rosales	
Amigos de Nombre de Dios, S.P.R.	

Fuente: Hernández (2004)

3.-El sistema de comercialización se realiza primordialmente de manera directa a intermediarios y comerciantes detallistas o bien vez se comercializa a través de depósitos de venta ubicados en los propios lugares de destilación, en casa o tiendas durante todo el año y en los mercados de la Ciudad de Durango como mezcal “limpio” y “bueno”. El porcentaje del producto que sale fuera del Estado se ha estimado en 15 % de la producción total anual, el cual es demandado por envasadores y/o distribuidores mayoristas para tener como destino final a restaurantes y licorerías. Además existe el Consejo Mexicano Regulador de la Calidad del Mezcal (COMERCAM), que vigila el cumplimiento de la norma NOM-070-SCFI-1994 para certificar la producción del mezcal en los estados comprendidos en la denominación. Lo que ha permitido que el mezcal sea exportado a más de 20 países en el mundo, siendo los Estados Unidos es el principal importador. La mayor parte de las exportaciones se realizan a granel, en el cuadro 1, se muestran los principales países del mundo que demandan el producto. El cuadro No. 3 resume la cantidad de volumen de mezcal certificado.

Cuadro No. 3. Mezcal certificado(l/año)

Entidad	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	Total
Durango	2,289	194	336	11,209	11,310	10,042	8,140	8,800	41,010

Fuente: SAGARPA-Financiera Rural(2011) y CNSPMM (2012)

La industria del mezcal de Durango en el año de 2007 generó más de 500 empleos. Durango se encuentra incluido dentro de la zona protegida por el decreto de Denominación de Origen, cuya característica principal es el uso de la especie llamada maguey cenizo requerido en la elaboración del mezcal para garantizar el aroma y sabor gracias al proceso artesanal, conservando con ello la fama y reconocimiento de un mezcal de excelencia a nivel nacional e internacional.

4.-Los productores se abastecen del recurso agave silvestre ya que cuentan con una superficie de 17,000 ha de la región sur de Durango, donde existen poblaciones de agave cenizo. Y ante la alta explotación de materia prima se inicia el financiamiento para la obtención de plántulas mediante la germinación de semillas. El siguiente cuadro 4 muestra la tendencia de producción hacia agave cultivado.

Cuadro No. 4 Tendencia de la producción de agave estatal

Año	Superficie plantada (ha)	No. de plantas	Producción a granel de mezcal (litros)	Producción de mezcal certificado (litros)
2002	406	518,427		20,000**
2003	308	390,383		
2004	906	1,132,746	360,000	
2005	332	340,200	200,000	2,289
2006	39	47,200		194
2007	400	-	432,000	336
2008	80	88,000		11,209
2009				11,310
2010	390	954,000	243,900	10,042
2011	11,040			8,140*
2012	16,300			8,800*

Fuente: CONAFOR, Durango 2007, COMERCAN 2008, 2009 y 2010, Salazar, 2011, SEDECO, 2011.

*CNSPMM 2012

5. Las plantaciones cultivadas de agave deberán corresponder al primer eslabón de la cadena productiva de esta bebida dado que es de vital importancia asegurar en el futuro las reservas suficientes de materia prima dada la planeación de las tres fabricas ya que han sido diseñadas para producir en promedio la cantidad de 10,000 litros por mes de mezcal.

Cuadro No. 5 detalla las características de procesamiento y la inversión realizada por el gobierno estatal a través de la SEDECO.

Fabricas procesadoras (Municipio)	Capacidad (litros/mes)	Inversión (millones de pesos)	Inicio de producción	Situación actual
Nombre de Dios	10,000 a 15,000	18-20	enero de 2008.	En etapa de venta y

				distribución de mezcal (8,000 litros)*
Durango	10 000 -20,000	14	agosto de 2008	Inactiva*
Mezquital	10,000-20,000	14	agosto de 2008	Inactiva*
Total	660,000 litros al año			

Fuente: SEDECO 2008 y datos recopilados de campo (*)

Dentro de las acciones encaminadas para una explotación sustentable del recurso agave encontramos una tendencia a revertirla sobreexplotación mediante la reforestación mediante semilla e ir disminuyendo en forma gradual el uso irracional de la planta por los productores locales y de otras entidades, lo que ha provocado su deterioro y lo coloca en riesgo, sin embargo aún no es suficiente para abastecer la demanda del mercado estatal, nacional e incipientemente internacional bajo la NOM 070. La mayor producción de mezcal en Durango es realizada por ejidatarios y pequeños productores, de manera artesanal, discontinua, heterogénea en la calidad y el volumen de mezcal certificado es reducido, condición común en los municipios de Durango, Nombre de Dios y El Mezquital. Prevalece la desorganización que dificulta la comercialización y distribución, operando como una actividad de subsistencia. Es necesaria la suma de voluntades de todos los involucrados en la producción para darle certeza hacia una industria sustentable en lo social, económico y biológico en el Estado de Durango.

Referencias

Almaraz, A. N. 2011. *Agave durangensis*. Dirección de Publicaciones. Instituto Politécnico Nacional. México, D.F. 234 pp.

Archivo General de la Nación (AGN).1809. Instituciones Coloniales/ Indiferente Virreinal / Cajas 6000-60743 / caja 6314. Título: 032 (Alcabalas 6314).

Barriada, B. L.G., A. Reyes M., D. Rivera R., N. Almaraz A., T. Gallardo V., S. González E., Y. Herrera y M. I. Torres M. 2011. Propiedades fisiológicas relacionadas al vigor de la semilla de Agave. Vid Supra 3(1): 12-22.

Bazán, A. A. 1964. El Real Tribunal de la Acordada y la delincuencia en la Nueva Vizcaya. Historia Mexicana 13: 317-346

Contreras, G. 2008. Algunas notas sobre mezcal de Durango. Caracol 11(Octubre-diciembre): 18-19

Corona, P. S. A. 2001. Las bebidas prohibidas en la Nueva Vizcaya. Mensajero del archivo histórico de la Universidad Iberoamericana. Campus La Laguna. www.lag.uia.mx

Flores, C. E. 1997. El lado oscuro de la plata. La vida en los reales mineros novohispanos a finales del siglo XVIII. Anuario de Estudios Americanos 54: 89-106.

García, A. J. 2007. Los agaves de México. Ciencias 87(Julio-Septiembre): 14-23.

García, B. E. I. 2008. Los comerciantes mayoristas en zacatecas a mediados el siglo XVII: riqueza y poder. Estudios de Historia Novohispana 39: 81-116.

- Gentry, H. S. 1982. Agaves of Continental North America. The University of Arizona Press. Phoenix. AZ. USA. 670 pp.
- González, E. S., M. González E. y A. Cortés O. 1993. Vegetación de la Reserva de la Biosfera "La Michilia", Durango, México. Acta Botánica Mexicana (1993), 22:1-104.
- González, E. M. S., M. González E. y M.A. Márquez L. 2007. Vegetación y Ecorregiones de Durango. Edit. Plaza y Valdés. México, D. F. 219 pp.
- González, E. M., R. Galván V., I. L. López E., L. Reséndiz R. M. S. Galván E. 2009. Agaves, magueyes, lechuguillas y noas del estado de Durango y sus alrededores. Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral regional-Unidad Durango(CIIDIR-Dgo). Instituto Politécnico Nacional. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad(CONABIO). Durango, Dgo. México. 163 pp.
- Granados, S: D. 1993. Los agaves de México. Universidad Autónoma Chapingo. Texcoco, Estado de México. México. 252 pp.
- Jiménez, V. M. C. 2009. Reflexiones sobre el origen del vino mezcal-tequila. Mitos y verdades. El caso de Amatitan. III Simposio Internacional del Tequila. Guadalajara. 34 pp.
- Maciel, N. J.F. 2010. Composición y estructura de la vegetación de la Sierra El Registro, Durango. Tesis de Maestría. Centro de Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Durango (CIIDIR-Dgo), IPN. Durango. México. 109 pp.
- Orea, O.L., V. Hernández V., S. Gómez O. y A. Cifuentes. 2011. Contenido de azúcares reductores totales en piñas beneficiadas de agave mezcalero de la región de Nombre de Dios y el mezquital. Vidsupra 3 (1): 30-36.
- Ortega, C. M. A. 2009. Variabilidad de fenoles foliares de *Agave durangensis*. Tesis de Maestría. Centro de Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Durango (CIIDIR-Dgo), IPN. DGO. México. 66 pp.
- Quiñones, H.L. C. 2010. Compilación de referencias documentales para la historia de la Nueva Vizcaya. 1563-1821. Universidad Juárez del estado de Durango Durango. México.
- Rocha, M., S. V. Good A., F. Molina F., H. T. Arita, A. Castillo, A. García M., A. Silva M., B.S. Gaut, V. Souza, and L. E. Eguiarte. 2006. Pollination biology and adaptive radiation of Agavaceae, with special emphasis on the genus *Agave*. Aliso 22: 329–344.
- Slauson, L. 1994. Factors affecting the distribution, pollination ecology, and evolution of *Agave chrysantha* Peebles and *A. palmeri* Engelm. (Agavaceae).pp: . Biodiversity and Management of the Madrean Archipelago: The Sky Land of Southwestern of United States and Nortwestern of Mexico.
- Vargas, A. A. M. 2009. Estudio de la variabilidad genética intra e interpoblacional de *Agave durangensis* Gentry(Agavaceae) por medio de marcadores moleculares ISRT. Tesis de Maestría en Ciencias. Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral-Unidad Durango(CIIDIR-Dgo). Instituto Politécnico Nacional. Durango, Dgo. México. 103 pp.

Zárate, M. D.G. A. Serrato D. y R. López W. 2012. Importancia ecológica de los murciélagos. Contactos (julio-septiembre): 85: 19-27.

Zizumbo, V. D. and P. Colunga-García M. 2008. Early coconut distillation and the origins of mezcal and tequila spirits in west-central Mexico. Genet Resour Crop Evol. 55:493-510.

Consumo eléctrico en una región desértica de clima extremo Impacto social regresivo a partir del diseño tarifario residencial; el caso de Mexicali, Baja California.

Sández Pérez Agustín, García Leos Norma

Universidad Autónoma de Baja California

agustin.sandez@uabc.edu.mx, nleos@uabc.edu.mx

Resumen

Mexicali, capital del Estado de Baja California, es una localidad fronteriza con los Estados Unidos que se ubica en el noroeste mexicano. Actualmente la población en esta localidad se acerca a un millón de habitantes. Se trata de una de las ciudades más importantes en las regiones que cuentan con clima extremo —de alta oscilación— que en la temporada de verano llega a alcanzar temperaturas de más de 50 grados centígrados. En épocas recientes, debido a ciertos cambios en niveles de humedad puede decirse que la *sensación de calor* a determinadas horas del día llega a instalarse en franjas en las que resulta perjudicial para la salud humana cuando se trata de actividades laborales a la intemperie o bien en aquellas edificaciones que carecen de acondicionamiento térmico para su utilización productiva.

Históricamente, los *patrones de consumo eléctrico residencial* en esta región han sido notablemente superiores a los de otras localidades del país. En varias ocasiones se ha subrayado la severidad del clima como factor que contribuye a determinar los elevados niveles de consumo, lo que se adiciona a factores adicionales entre los que se cuenta la escasa o nula *adecuación de las viviendas* en relación al clima pero también la frecuente utilización de determinados *equipos de climatización* electrodomésticos de segundo uso y de baja eficiencia.

Tales factores impulsan desplazamientos significativos de la *función-consumo-eléctrico residencial* muy por arriba de sus valores en localidades con otras condiciones del medio natural. Por su parte, es relevante reconocer implicaciones técnico-sociales asociadas al diseño tarifario residencial las cuales señalan la trascendencia de que se llegue a atender suficientemente aspectos propios de la estratificación social evitando generar impactos sociales altamente regresivos.

Palabras clave: Clima extremo. Consumo eléctrico, Impacto social regresivo, Región desértica, Tarifa eléctrica residencial.

Abstract

Mexicali is the state capital of Baja California, a city in northwest Mexico in the border with the United States and with a population close to one million. It is one of the most important cities with extreme weather —with high variation— that during the summer might have temperatures above 122° F. Recently,

due to climate change in levels of humidity, the *heat perception* at specific times during the day can pose a risk to human health, particularly, in outdoor working conditions or in facilities without air conditioning.

Historically, the *residential energy consumption patterns* in this region have been noticeable higher than those in other areas in the country. Extreme weather has been a factor that contributes to high consumption, as it has been frequently argued, additionally to other factors such as little or no *housing insulation* according to weather conditions, as well as the use of low efficiency second hand air conditioning units.

These factors trigger high residential energy consumption, higher than the consumption in other areas with different weather conditions. Therefore, it is relevant to acknowledge the technical and social implications associated with residential rate design. These implications mark the importance of taking into consideration aspects related to social stratification that contribute to the development of regressive social impact.

Key words: Extreme weather, Energy consumption, Regressive social impact, Desert region, Residential energy rate

Introducción

Mexicali, capital del estado de Baja California, es una localidad fronteriza con Estados Unidos que se ubica en el noroeste mexicano. Actualmente la población en esta localidad se acerca a un millón de habitantes. Se trata de una de las ciudades más importantes dentro del conjunto de regiones que cuentan con clima extremo —de alta oscilación— que en la temporada de verano llega a alcanzar temperaturas de más de 50 grados centígrados. En épocas recientes, debido a ciertos cambios en niveles de humedad puede decirse que la *sensación de calor* a determinadas horas del día llega a instalarse en franjas en las que resulta perjudicial para la salud humana cuando se trata de actividades laborales a la intemperie o bien en aquellas edificaciones que carecen de acondicionamiento térmico para su utilización productiva.

Históricamente, se registran *patrones regionales de consumo eléctrico residencial* notablemente superiores a los de otras localidades del país. En varias ocasiones se ha subrayado la severidad del clima como factor que contribuye a determinar los elevados niveles de consumo, lo que se adiciona a factores adicionales entre los que se cuenta la escasa o nula *adecuación de las viviendas* en relación al clima pero también la frecuente utilización de determinados *equipos de climatización* electrodomésticos de segundo uso y de baja eficiencia. Tales factores impulsan desplazamientos significativos de la *función-consumo-eléctrico residencial* muy por arriba de sus valores en localidades con otras condiciones del medio natural. Por su parte, es relevante reconocer algunas implicaciones técnico-sociales asociadas al diseño tarifario residencial las cuales señalan la trascendencia de atender suficientemente aspectos propios de la estratificación social que contribuyen a generar impactos sociales altamente regresivos.

Relación entre consumo eléctrico residencial (CE) y nivel de ingreso familiar (IFA). Tres estudios de investigación con observación en campo para Mexicali, Baja California.

En 1990 el Foro de Consulta Pública sobre el tema de Tarifas Eléctricas solicitó al INSTITUTO DE INVESTIGACIONES SOCIALES (IIS) de la UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA (UABC) la realización de la primera encuesta social dirigida a estimar las características de la función consumo-eléctrico para la región. En vista de que el esfuerzo tendría que arrojar resultados con significancia para diferentes rangos de ingreso familiar, se aplicó un esquema de muestreo probabilístico con recomendable nivel de confianza ($1-\alpha=95\%$) a partir de un marco estratificado y regionalizado con tamaño de muestra ($n=1000$) de mil hogares.

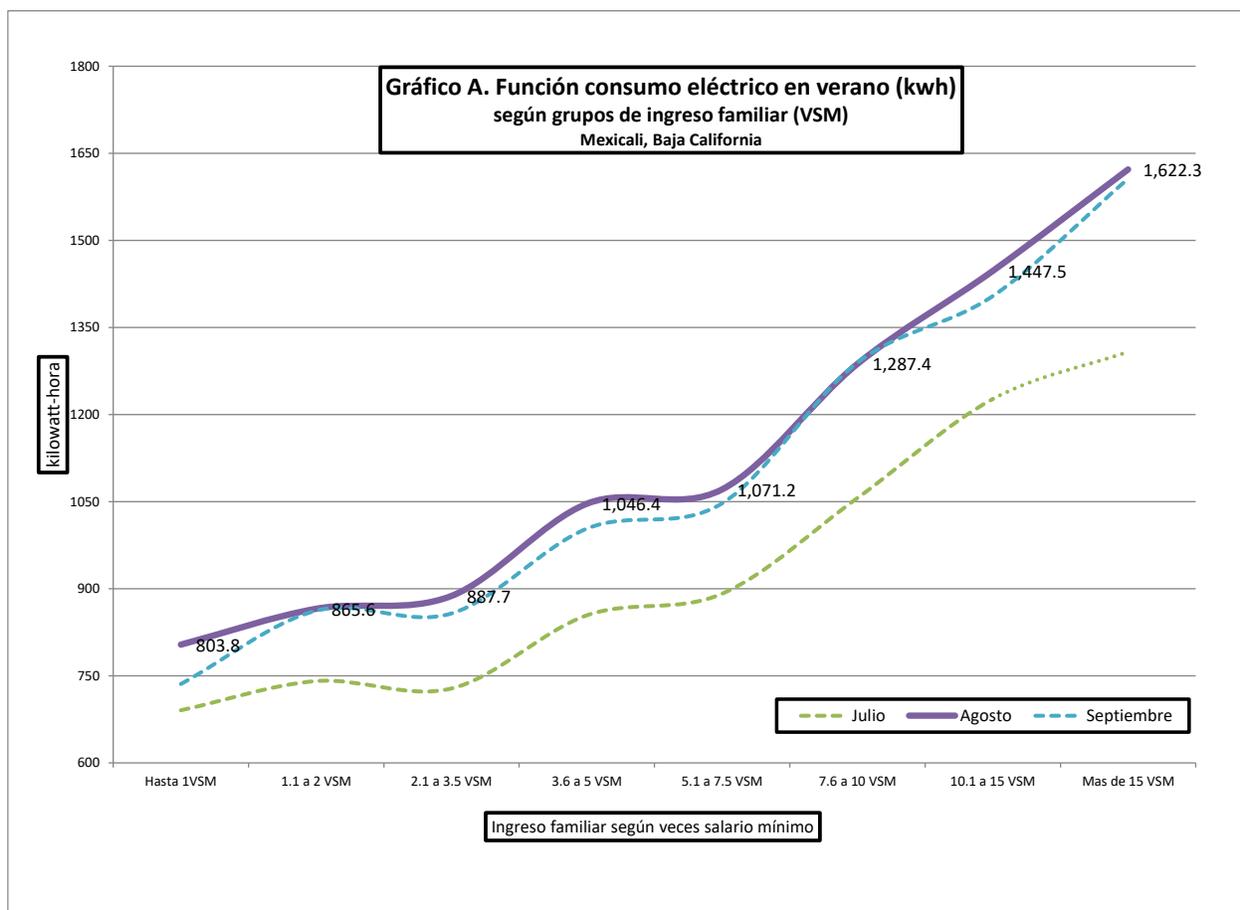
En este trabajo se utilizó un cuestionario que abarcaba tanto aspectos sociales relacionados con el tipo de hogar seleccionado como características propias a la vivienda que ocupaba ese grupo de personas. La veracidad de los datos correspondientes a consumos y facturaciones quedó asegurada en la medida que ésta información no era recabada en campo sino que se obtuvo directamente de los archivos históricos administrativos de CFE una vez verificado el usuario a través del número de medidor. En este sentido, la naturaleza *correlacional* del estudio se garantizó suficientemente mediante una adecuada disponibilidad de información técnica sin problemas de confiabilidad ajenos al procedimiento de muestreo.

En 1997 las características generales del estudio fueron replicadas en una primer actualización a solicitud de autoridades federales y estatales dirigido al IIS de la UABC ampliando el tamaño de muestra a mil doscientos hogares ($n=1200$) bajo un esquema probabilístico con suficiente nivel de confianza ($1-\alpha= 95\%$) estratificado y regionalizado. En esta ocasión se adiciona un mayor segmento de observación para aspectos relacionados con la adecuación ambiental de las viviendas y también asuntos correspondientes a la opinión pública.

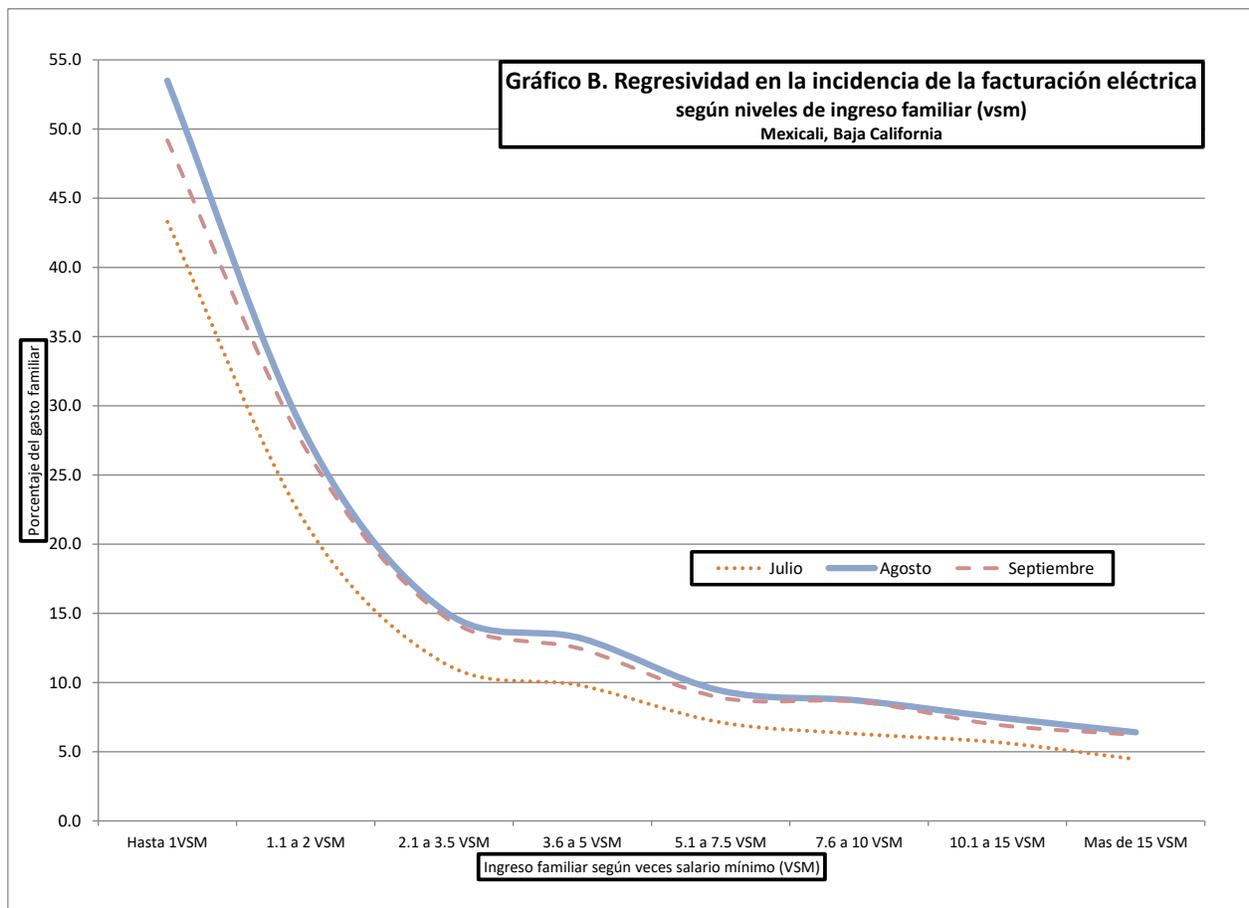
Para 2004 y como resultado de una intensiva solicitud del mismo por parte de organizaciones sociales, como el Frente Cívico Mexicalense se llevó a cabo una nueva réplica del estudio con características similares al anterior, manteniendo suficientes niveles de confianza, precisión y veracidad respecto a estudios previos.

Resultados de investigación

El *consumo de energía eléctrica* de los hogares mexicalenses se encuentra correlacionado con los *niveles de ingreso familiar, características de la vivienda y estilos de vida* de la población. La variación entre los grupos de menor ingreso respecto a los de medianos y altos ingresos es significativa (gráfico A). El *impacto social* se concentra ampliamente entre hogares de *menores ingresos* y tendencialmente mucho menos en casos de mayores niveles de ingreso (gráfico B).

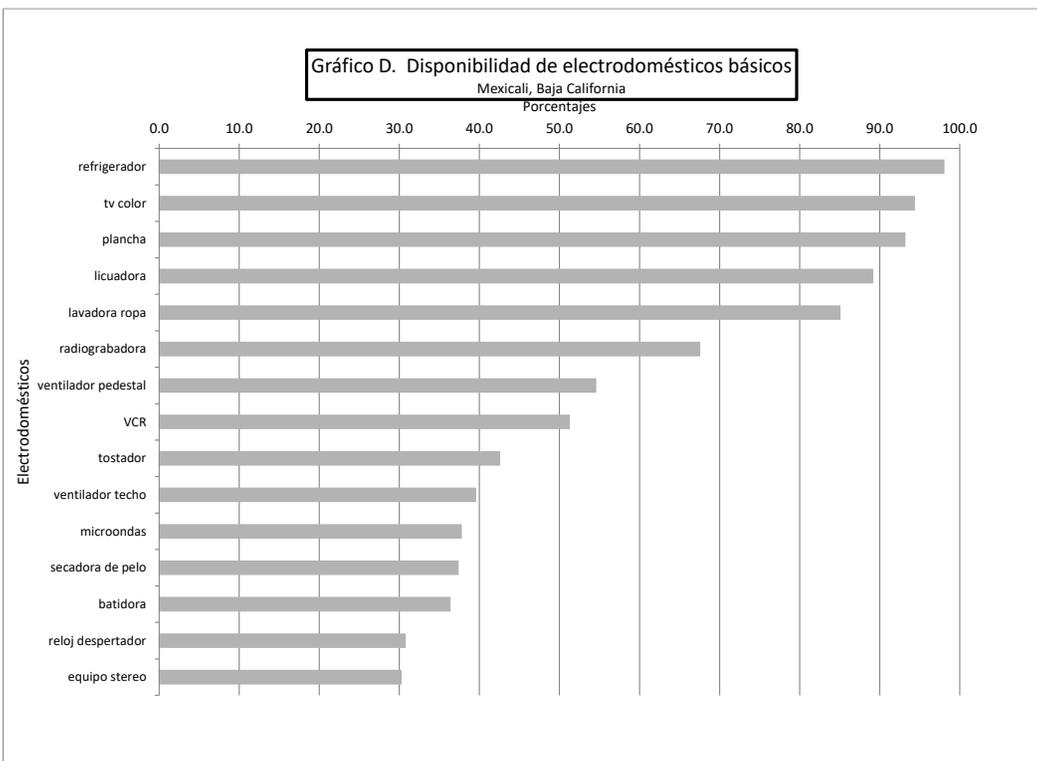
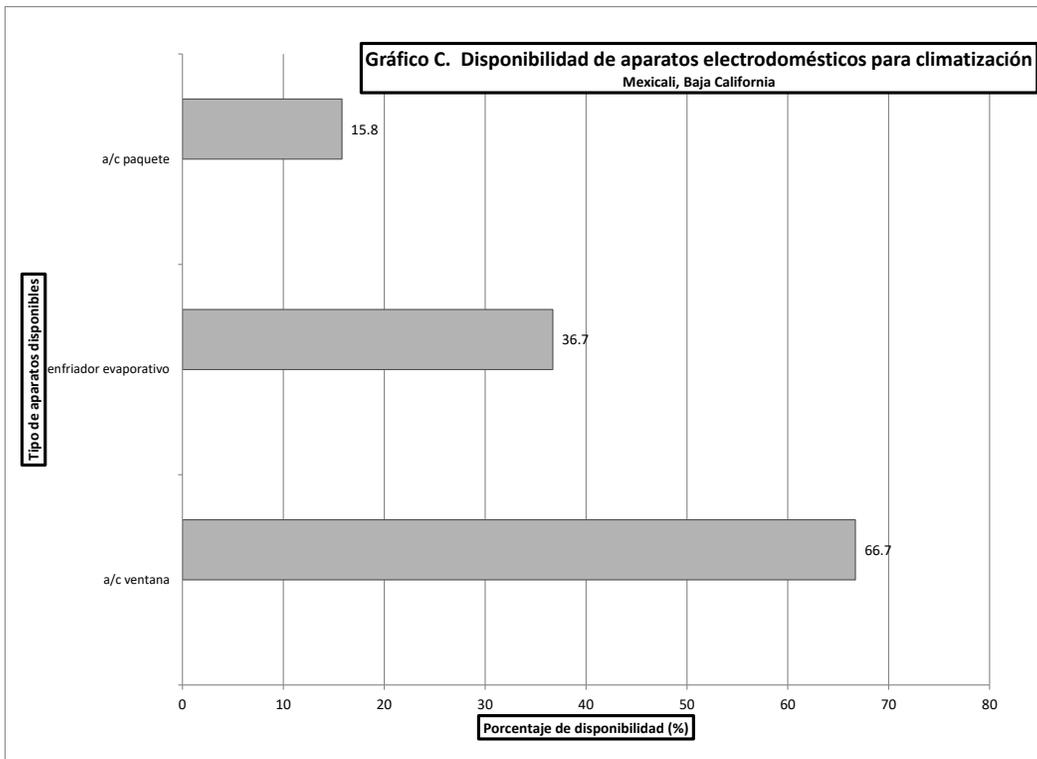


Entre los hogares más afectados por el *impacto regresivo* del consumo eléctrico están aquellos *cuyos ingresos son menores a dos salarios mínimos mensuales (2VSM)*, entre los que destacan aquellos que tienen a una persona *jubilada o pensionada* como jefe de hogar, personas de la *tercera edad* que viven solas y dependen de ayuda familiar, *jóvenes obreros* con familia de reciente formación, entre otros.



Resulta mayoritario que las familias habiten *viviendas* en las que no hubo participación en su diseño, con las cuales generalmente *no existe conformidad* en cuanto a sus características actuales y en frecuentemente no cuentan con recursos materiales ni financieros para su adecuación. La gente ocupa la vivienda que sus recursos le permiten, generalmente muy alejada de sus verdaderas necesidades y sin posibilidades efectivas para su transformación.

El *tipo* y *número* de aparatos electrodomésticos utilizados para el *comfort* familiar se relaciona con el nivel de ingreso familiar (gráfico C). Cabe señalar que se observa un marcado efecto sustitución de *enfriadores evaporativos* (coolers) por aires acondicionados de ventana, muy probablemente relacionado con la presencia de humedad relativa. La variada combinación en horario y condiciones de utilización de los mismos reflejan el esfuerzo que realiza el usuario por adaptarse a las extremas condiciones ambientales y disminuir su consumo de energía eléctrica (gráfico D).



Las condiciones del descanso nocturno en una gran mayoría de los hogares presentan características de *hacinamiento estacional de verano*, debido a que se destina uno o dos cuartos de la vivienda a la pernocta de todos los miembros del hogar, además bajo condiciones

de temperatura nada confortables. Lo anterior conduce a que la *calidad de vida* se vea severamente afectada, alterando el equilibrio, estabilidad, salud e integridad familiar.

Consideraciones Finales

- Existe alta correlación positiva entre el comportamiento del *consumo eléctrico* y el *nivel de ingreso familiar*, particularmente durante el verano. Buscar o actuar para la eficiencia sólo en los altos consumos significa atender preferentemente hogares de mayores ingresos.
- El impacto económico de la *facturación eléctrica* es mayor en los hogares de *bajos ingresos*, recientemente entre 30 y 50 por ciento del gasto familiar; en los hogares de *ingresos medios* (que no “clase media”) el impacto fluctúa entre 12 y 15 por ciento; sólo en aquellos hogares que obtienen ingresos *mayores a 10 salarios mínimos* el impacto se acerca al 10 por ciento.
- A nivel *nacional*, el pago de la energía eléctrica representa menos del *3 por ciento* del gasto familiar. Puede afirmarse que prácticamente TODAS las familias mexicalenses han estado afectadas desde hace muchos años, pero sobre todo y mucho más, *las que menos tienen*
- Resulta necesaria una ponderación suficiente de los *aspectos socioeconómicos y culturales* tanto en el *diagnóstico* como en la *elaboración de estrategias, programas y acciones* en la búsqueda de un abatimiento del impacto social derivado del consumo de energía eléctrica. Cualquier esfuerzo que deje de atender adecuadamente estos elementos conduciría a un fuerte sesgo en términos de la *población-objetivo* efectivamente considerada.
- Es necesario establecer *programas de educación ambiental* y en general de *comunicación social* adecuados en la promoción de cambios en el *nivel de información* que la población posee en el tema del consumo eléctrico, acentuando la necesidad del ahorro.
- El *mayor impacto social* se presenta en usuarios con *menores posibilidades de ahorro de energía eléctrica*, es decir, frecuentemente en el caso de *pequeños consumidores*. Dentro de éstos, resulta crítica la situación de jefes de hogar que son *pensionados o jubilados*, debido a lo escaso de sus percepciones.
- El tipo, número y uso de *aparatos electrodomésticos para el acondicionamiento ambiental en la vivienda* está en relación directa con el ingreso familiar. La combinación en el uso y los horarios en que se da éste reflejan un enorme esfuerzo de la población por adaptarse a las condiciones ambientales y así disminuir su consumo eléctrico. Los *enfriadores evaporativos (coolers)* son utilizados preferentemente por hogares de bajo ingreso familiar; los aparatos de ventana por los de ingresos *medios* y; los aparatos de paquete, en general, por los de mayor ingreso familiar.
- Es común la adquisición de refrigeradores *usados*, sobre todo en hogares de bajos y medianos ingresos. Lo anterior se suma a un mayor período de utilización de los mismos lo que conduce frecuentemente a condiciones de funcionamiento inadecuado.
- En el verano las condiciones del *descanso nocturno* adquiere características especiales. El número de cuartos destinados a dormir se relaciona con el número y la ubicación de los aparatos para el acondicionamiento ambiental y por tanto se relaciona con el nivel de ingreso familiar. Si esto se relaciona a su vez con el buen o mal funcionamiento de los mismos, se tiene que el grado efectivo de descanso es *mínimo*, resultando un fenómeno que podría denominarse de *hacinamiento estacional*, que no contribuye al equilibrio y estabilidad fisiológica y emocional de las familias.

Propuestas

- Impulsar el diseño de una tarifa eléctrica que proporcione *equidad tanto* en el trato que se recibe como consumidores respecto al de otras regiones del país (interregional) como entre estratos sociales (intrarregional).

- Impedir se sigan construyendo masivamente *viviendas* con criterios completamente ajenos al entorno ambiental y sísmico.
- Continuar con programas de *aislamiento térmico y su mantenimiento* en techos y muros de las viviendas construidas.
- Mantener programas que otorgan *facilidades y créditos accesibles* para la reposición de *refrigeradores, aparatos de aire acondicionado de ventana y de paquete*.
- Brindar 50% de descuento a *jubilados y pensionados* aplicable a su facturación eléctrica durante todo el verano (de mayo a octubre).

Referencias

Instituto de Investigaciones Sociales, Universidad Autónoma de Baja California, ESTUDIO DE IMPACTO SOCIAL DE LA FACTURACIÓN ELÉCTRICA EN EL GASTO DE LOS HOGARES EN MEXICALI, BAJA CALIFORNIA, reporte técnico de investigación, 1990.

Sández Pérez Agustín, *et.al.* 1997. REPORTE DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN SOBRE IMPACTO SOCIAL DEL CONSUMO ELÉCTRICO Y ADECUACIÓN AMBIENTAL DE LA VIVIENDA, Gobierno del Estado de Baja California-Universidad Autónoma de Baja California,

Instituto de Investigaciones Sociales, Universidad Autónoma de Baja California, ACTUALIZACIÓN DEL ESTUDIO DE IMPACTO SOCIAL DEL CONSUMO ELÉCTRICO EN EL GASTO DE LOS HOGARES EN MEXICALI, BAJA CALIFORNIA, reporte técnico de investigación, 2004.

Design of self-oscillating electronic ballast with high efficiency and high power factor

Juárez M.A., Martínez P.R., Vázquez G, Sosa J.M, Valtierra M * Ponce M.

Higher Technological Institute of Irapuato. ITESI

*National Center of Research and Technological Development , Cuernavaca, México

mario_a_juarez@ieee.org

Resumen

Este artículo presenta un diseño de un balastro electrónico para lámparas fluorescentes. Un balastro electrónico auto-oscilante de bajo costo y alta eficiencia con un alto factor de potencia y baja distorsión armónica total.

Parte de esta alta eficiencia es obtenida por medio de un convertidor conformador de corriente el cual procesa parte de la energía entregada a la lámpara de manera directa, por lo tanto la eficiencia de este convertidor es más alta que las topologías convencionales. Para obtener más eficiencia un convertidor Clase D trabaja en conmutación de corriente cero durante el encendido y el apagado es propuesto.

El convertidor Clase D y el conformador de corriente son controlados por medio de un circuito de auto-oscilación, de esta manera el balastro propuesto no emplea circuitos integrados. Finalmente la condición de estabilización obtiene a través del análisis del capacitor de salida (C_o) del convertidor.

Palabras clave: Balastro electrónico, corrección del factor de potencia, lámparas fluorescentes.

Abstract

This paper presents the design guidelines of electronic ballast for fluorescent lamps. Low-cost high-efficient self-oscillating electronic ballast with high power factor and low THD (total harmonic distortion) is presented.

Part of this high efficiency is obtained through input current shaper converter which only process part of the energy delivered to the lamp; therefore, the efficiency is higher than the conventional topologies. In order to get the highest efficiency a class-D converter working under both ON-OFF zero current switching is proposed.

The Class-D converter and input current shaper converter are controlled by an extra winding in the self-oscillating circuit. So, there are no integrated circuits in the proposed electronic ballast. Finally, a necessary and sufficient condition for the system stability is obtained through the analysis of the output capacitor C_o .

Key words: electronics ballast, fluorescents lamps, power factor correction.

I. - Introduction

Nowadays, the use of electronic ballast is very common due to their well know excellent advantages; in fact, they still are investigated for getting more efficiency and lower costs. The self-oscillating electronic ballasts (SOEB) are characterized by circuit simplicity, low cost, and robustness [1], [2]. The traditional way for supplying self-oscillating electronic ballast is through a rectifier followed by a bulk capacitor; however, this structure drains a current waveform with high harmonic content and low power factor.

Currently, international regulations regarding harmonics pollution demand lower limits in the harmonic currents. So, it is necessary to use an extra power conversion stages to improve the total harmonic distortion on the input current. However, extra stages mean lower efficiency, higher complexity, and more components; consequently, higher costs. Many researches have proposed alternatives to improve the harmonic content on the input current but they have the same aforementioned drawbacks.

Normally, resonant tank of SOEB is designed in so way that it represents inductive impedance in series with the lamp. This inductive impedance limits the current in the lamp [2]. In the inductive impedance zone the inverter switches reach ZVS commutation in natural way. However, the turn-off is in hard switching, which decreases efficiency. The only way to improve the efficiency in the Class D inverter is working both ON-OFF zero current switching ZCS. But this means to work at the resonance switching where the resonant tank has close to zero impedance. So there is no way for limiting the lamp current.

In reference [3] proposed the input current shaper for both lamp current stabilization as well as to improve the power factor. Therefore, to limit lamp current and provide a stable operating point, the input DC-DC converter must control the current through the lamp accordingly to its dynamic characteristics. For example, if the input converter behaves as a voltage source the lamp will be supplied with a constant voltage AC square wave and the operating point will not be stable due to the dynamic negative impedance of the lamp [4].

An essential part of the study of lighting systems resides on the analysis of the lamp-ballast system interaction as a function of the stability [4]-[5]-[6]-[7]. To carry out this analysis it is necessary to know the dynamic behaviour of the lamp.

This paper presents the analysis and design of very efficient self-oscillating electronic ballast with power factor correction. As power factor corrector an input current shaper is used. The class D converter is working under both ON-OFF ZCS increasing the efficiency. The use of the input current shaper converters commonly used like power factor correctors [3], as stabilizer circuits of the discharge arc in self-oscillating electronic ballast working both ON-OFF ZCS is proposed in this paper. The analysis, simulation and experimental results of the lamp-ballast set together with an input current shaper converter are presented.

I. Description of the proposed ballast

Figure 1 shows the self-oscillating electronic ballast proposed. As can be seen, there are not integrated circuit. All the power switches are commanded through the self-oscillating circuit. The input stage is an input current shaper based on the fly-back converter. The output stage is a self-oscillating class D inverter working at resonance.

A. Analysis of the LCC resonant tank with ON-OFF ZCS

Traditionally, in resonant inverters for electronic ballasts the natural resonant frequency is lower than the switching frequency [8]. Under this condition, the resonant tank exhibits inductive impedance necessary for limiting the lamp current [9]. There is some draw backs in using inductive impedance for limiting the lamp current.

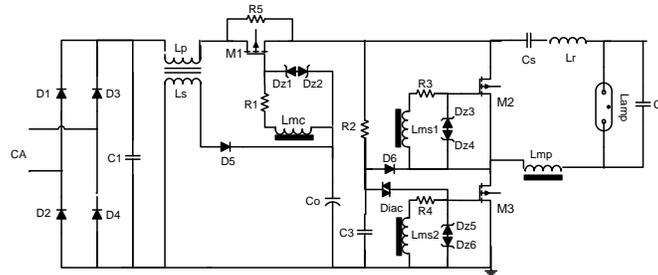


Fig. 1. Proposed Self-Oscillating electronic ballast.

For example, the load power factor is different to zero. So, there is higher circulating rms current which get higher both conduction and switching losses. In order to get the highest efficiency, it is desirable to work under ZCS during both switching ON and OFF. For the analysis, the *fundamental approach* is used considering a resistive behavior of the lamp and unitary load power factor [8] (figure 2).

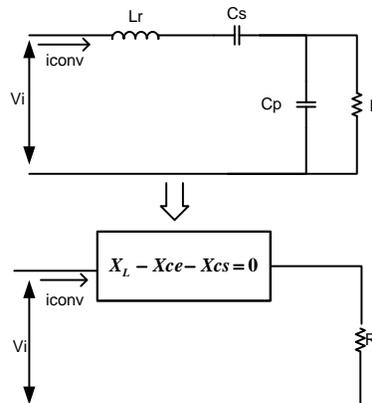


Fig. 2. Resonant tank ZCS ON-OFF

Table I summarizes the main design equations of the resonant tank.

TABLE I. DESIGN EQUATIONS FOR RESONANT TANK ZCS ON-OFF

C_p (Parallel capacitor)	$X_{cp} = \frac{V_i^2 \cdot V_{L(rms)}}{P_L \cdot \sqrt{2} \cdot V_{L(rms)}}$	(1)
C_e (Equivalent Capacitance)	$X_{ce} = \frac{X_{cp} \cdot R_L^2}{X_{cp}^2 - R_L^2}$	(2)
C_s (Series capacitance)	$X_{cs} = X_L - X_{ce}$	(3)

L_R (inductive resonant)	$X_L = Q \cdot X_{ce}$	(4)
Q (Factor of quality)	$Q > \frac{\sqrt{2V_L^2 \cdot Va^2}}{Va}$	(5)

C. Self-Oscillating Class D Converter

The self-oscillating converters do not use integrated circuit in the control stage, so they have few components count resulting the cheapest ballast.

The analysis of the inverter is carried out using the describing function method [2]. Figure 3 shows the block diagram of the system. This method is effective due very close to sinusoidal waveforms are presented. This is because of resonance operation.

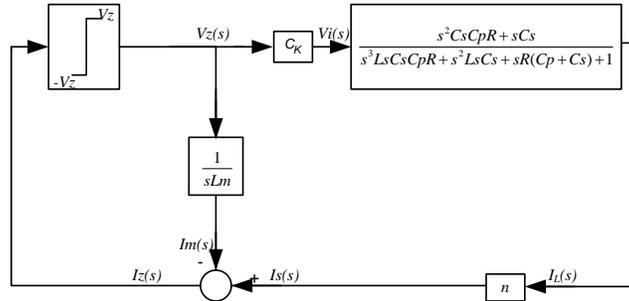


Fig. 3. Block diagram of the system

The resonant tank (resonance point) shows low-pass filter characteristics, resulting dominant first harmonic component (fundamental analysis is a good approach). The input of the system (I_z) is the magnetizing current minus the scaled sinusoidal current of the resonant tank. So, the zener current I_z is sinusoidal. Under these conditions linearization is possible based of the describing function. In our case, the describing function N is given by:

$$N = \frac{Y_1}{X} \angle 0^\circ = \frac{4M}{\pi X} = \frac{4 \cdot V_z}{\pi \cdot i_z} \quad (6)$$

Manipulating the block diagram of Figure 2 in order to reduce it to a single loop diagram block and reorganizing the equations, the final expression for L_m is:

$$L_m = \frac{L_s}{C_k \cdot n} \cdot \frac{\omega^6 - b\omega^4 + a^2\omega^4 - a\omega^2c - b\omega^4 + b^2\omega^2 - ca\omega^2 + c^2}{\omega^6 - b\omega^4 + a^2\omega^4 - a\omega^2c} \quad (7)$$

Where:

$$a = \frac{-1}{R \cdot C_p} \quad (8) \quad b = \left(\frac{1}{C_s \cdot L} + \frac{1}{C_p \cdot L} \right) \quad (10)$$

$$c = \frac{1}{R \cdot C_p \cdot C_s \cdot L} \quad (9) \quad C_k = \frac{E}{2V_z} \quad (11)$$

This equation is function of the resonant elements, the voltage gain and the zener voltage.

D. Input current shaper design

The input current shaper is a highly efficient converter which get high power factor. Figure 4

shows the equivalent circuit of the input current shaper supplying a resonant inverter. Table II summarizes the main design equations.

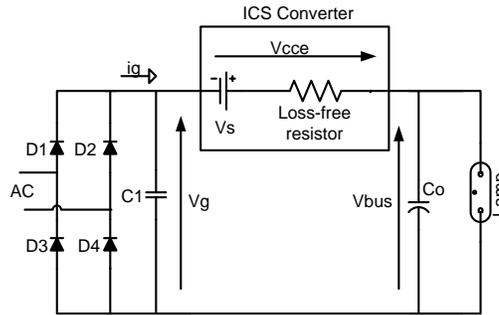


Fig. 4. Simplified equivalent circuit for ICS converter

TABLE II. DESIGN EQUATIONS FOR THE INPUT CURRENT SHAPER

<i>LFR (Loss free resistor)</i>	$R_s = \frac{\Pi_p \cdot 0.5 \cdot V_g}{P_e} (V_g - V_o)$	(12)
<i>Lp (Parallel inductive)</i>	$L_p = \frac{R_s \cdot D^2}{2 \cdot F_s}$	(13)
n	$n \leq \frac{V_o(1-D)}{(V_g - V_o)D}$	(14)
<i>Ls (Secondary inductive)</i>	$L_s = \left(\frac{V_{in_pico}}{V_{out}} - 1 \right)^2 \cdot L_s$	(15)

Figure 5 shows the diagram of the power flow in a typical system with two stages, the ICSC and the inverter, connected in cascade. In this system (figure 5(a)), the total efficiency is:

$$\frac{P_{Lamp}}{P_{total}} = \eta_{total} = \eta_{conv} \cdot \eta_{inv} \quad (16)$$

Where P_{total} is the input power delivered to the system, P_{lamp} is the lamp power, η_{total} is the efficiency of the system, and η_{conv} is the efficiency of the inverter.

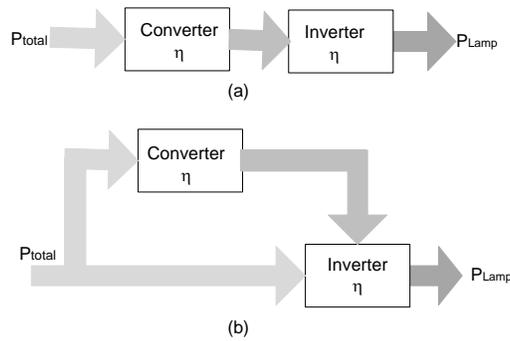


Fig. 5 Power distribution in the ICS converter

Fig. 5(b) represents the diagram of the flow power in the ICS converter. In this system the total efficiency is

$$\eta = \eta_{inv}[(1-m)(\eta_{conv} - 1) + 1] \quad (17)$$

The efficiency of the proposed ballast will always be greater than the traditional configuration of two stages connected in cascade

I. Stability criterion

In order to determine the stability of the system, certain conditions must be considered. In figure 6 can be observed that the lamp current is stabilized with an external impedance $Z_T(s)$ [10].

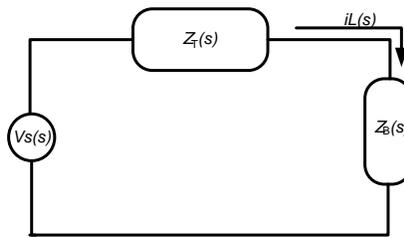


Fig. 6 Current limiter impedance in series with electronic ballast.

The external impedance $Z_T(s)$ is connected in serie with the resonant tank impedance $Z_B(s)$. The current transference function is:

$$i_L(s) = \frac{V_s(s)}{Z_T(s)} \cdot \frac{1}{1 + \frac{Z_B(s)}{Z_T(s)}} \quad (18)$$

According to the Nyquist criterion, the system is stable because the necessary stability condition $(1+(Z_B(s)/Z_T(s))<0)$ is fulfilled:

$$\frac{Z_B(s)}{Z_T(s)} < 1 \quad (19)$$

In this case, $Z_T(s)$ corresponds a loss free resistor (LFR) of the input current shaper and, $Z_B(s)$ is ballast working in resonance, therefore, $Z_B(s)$ it only corresponds to the equivalent resistance of lamp $Z_L(s)$.

However, it is clear that a lamp cannot operate with a high capacitance in parallel. This capacitance would act as a voltage source, making the lamp operation unstable [7]. Assuming a filter capacitor high enough to make the current ripple negligible, the converter can dynamically be modeled by a dc current source with a parallel capacitance, as show in Fig. 7.

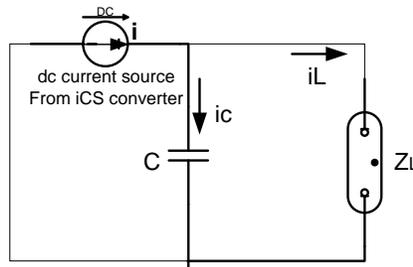


Fig. 7 Equivalent circuit ICS converter and lamp.

The output current of the ICS converter is determined by

$$i_{conv} = \frac{V_i^2 \cdot d^2}{2L_p f_s v_L} \quad (20)$$

The circuit of Fig. 6 can be expressed by the following differential equation:

$$C \frac{dv_L}{dt} + \frac{v_L}{z_L} = \frac{V_i \cdot d^2}{2L_p f_s v_L} \quad (21)$$

By applying small-signal perturbations, the following expression is obtained:

$$C \frac{d\hat{v}_L}{dt} + \frac{\hat{v}_L}{z_L} = \frac{V_i^2 \cdot D}{L_p f_s v_L} \hat{d} - \frac{V_i^2 \cdot D^2}{2L_p f_s v_L^2} \hat{v}_L \quad (22)$$

By using the Laplace Transform in (22):

$$\frac{\hat{v}_L}{\hat{d}} = \frac{2V_i^2 D V_L \cdot \hat{z}(s)}{(V_i^2 D^2 + 2CL_p f_s V_L^2 s) \cdot \hat{z}(s) + 2L_p f_s V_L^2} \quad (23)$$

In a previous work [10], a small-signal lamp model has been presented:

$$z_L(s) = k \frac{s + z}{s + p} \quad (24)$$

Substituting (24) in (23) and applying the Routh-Hurwitz criterion, the following expression is obtained:

$$C < \frac{(V_i^2 D^2 R_{lamp} + 2L_p f_s V_L^2)}{(2L_p f_s V_L^2 z R_{lamp})} \quad (25)$$

These are important conditions that must be fulfilled by the ballast in order to be stable.

The equation (24) can be used for characterizing a fluorescent lamp [11]. From (24), it is obtained the incremental impedance at low frequency (26) and high frequency (27). These can be expressed as:

$$z_L(s=0) = -r_d = \frac{k \cdot z}{p} \quad (26)$$

and

$$z_L(s=\infty) = R_{la} = k \quad (27)$$

The value of r_d y R_{La} can be obtained through the step response method. In Fig. 8, it is shown the lamp response when a power step is applied.

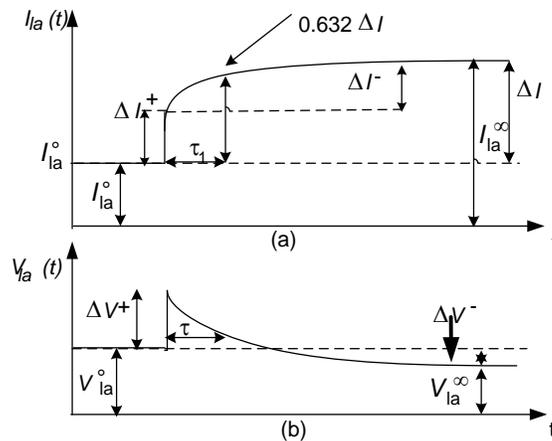


Fig 8. Measuring lamp parameters

In this case, the response curve $V-I$ a change of power during the step response method is graphed (Fig. 9).

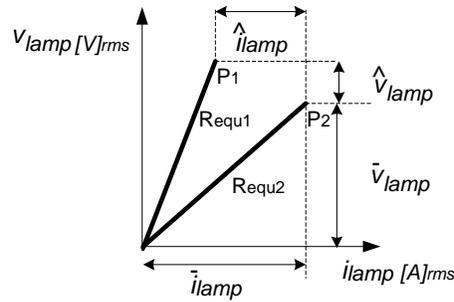


Fig.9 Response curve V-I a change of power

The R_{la} is the impedance lamp in steady stable, the values of v_{lamp} and i_{lamp} are obtained according to Fig. 2 and Fig. 3

$$R_{lamp} = k = \frac{\bar{v}_{lamp}}{\bar{i}_{lamp}} = \frac{\Delta V^{\infty}}{\Delta I^{\infty}} \quad (28)$$

Another equation that can be obtained from Fig. 2

$$r_d = \frac{\hat{v}_{lamp}}{\hat{i}_{lamp}} = \frac{\Delta V^-}{\Delta I} \quad (29)$$

The negative incremental impedance (r_d) is due to these small disturbances, which are result of small change in lamp impedance. Equalling equation (26) and (29) gives the next expression:

$$r_d = -\frac{\hat{v}_{lamp}}{\hat{i}_{lamp}} = \frac{k \cdot z}{p} \quad (30)$$

Thus, using (30), it is possible to determine the value of z (zero)

$$z = -\frac{\hat{v}_{lamp} \cdot p}{k \cdot \hat{i}_{lamp}} \quad (31)$$

The gas thermal constant is the dominant constant in the lamp dynamic, which is extracted from the lamp current [11]. The pole is:

$$p = \frac{1}{\tau} \quad (32)$$

The lamp time constant (τ) is measured (current) since the step is applied until the response reaches 63% of the step magnitude (Fig. 8)

II. Design example

This section shows a design example and some experimental results of a laboratory prototype for 32 watts circular lamp.

A. Design example.

The input voltage is the American line (120 V_{rms}, 60 Hz). The minimum bus voltages permitted for the standard IEC1000-3-2 norm is 76 volts, and then 60 volts is considered. Also, the switching frequency is 50 KHz.

1) Resonant elements design

By using the equations of Table I and considering a quality factor of 2.5 are obtained the next values: L_r (*Inductive resonant*)= 221μH, C_p=47nF and, C_s=330nF. For the self-oscillating circuit a V_z=12 volts and n=6 are considered. So, the magnetizing inductance (equation 7) is L_m=262μH and I_m_p (primary) is 7.28μH.

2) Input current shaper converter

As the input current shaper switch is commanded by an extra winding of the self-oscillating, the switching frequency is also 50 kHz. According equations 12-15 (Table II), the ICS converter values are: R_s=295 Ω, L_p=738μH, and L_s=148 μH.

3) Stability of the system

In order to evaluate the lamp parameters, a power step is applied to the lamp. The experiments were done a power step on interval from 70% to 100% of nominal power. In the Figs. 10 and 11 experimental waveforms during the step response are shown.

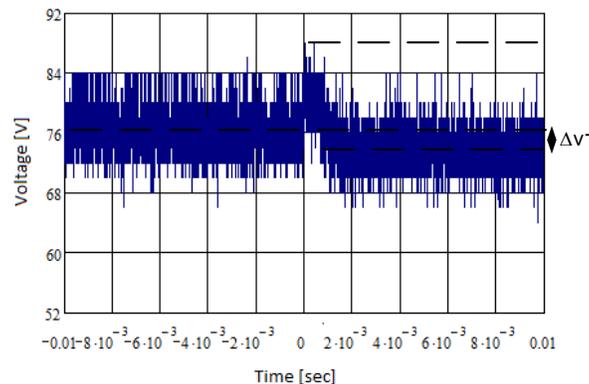


Fig. 10. Lamp voltage response to step

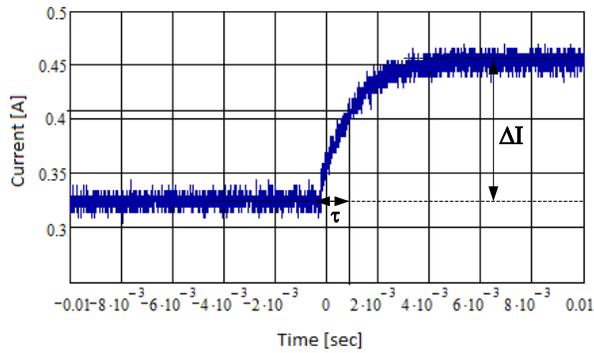


Fig.11. Lamp current response to step

The corresponding values of the lamp parameters are shown in the Table III.

TABLE III. LAMP PARAMETERS

Data from lamp voltage	Data from lamp current
$V_{lamp}^o = 76.1V$	$i_{lamp}^o = 0.439A$
$\Delta V^- = 72.9V$	$\Delta I = 0.127A$
	$\tau = 1.2ms$

Substituting parameters in (28), (29) and (32), $R_{lamp} = 179.04\Omega$, $r_d = -25.2$ and $p = 820$. The maximum value of the capacitor that ensures stable operation is $C_o < 446\mu F$ (equation 25)

I. Experimental results

Figure 12 shows the ON-OFF ZCS condition. The load power factor is unitary and minimum circulating currents are presented. The resonant tank is working under ON-OFF ZCS increasing the efficiency. The efficiency at this stage is 98%.

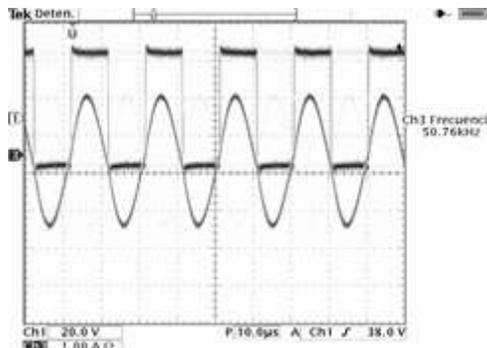


Fig. 12. ON-OFF ZCS commutation

Figure 13 shows lamp voltage and current waveforms in the lamp, additionally observed stable system behavior.

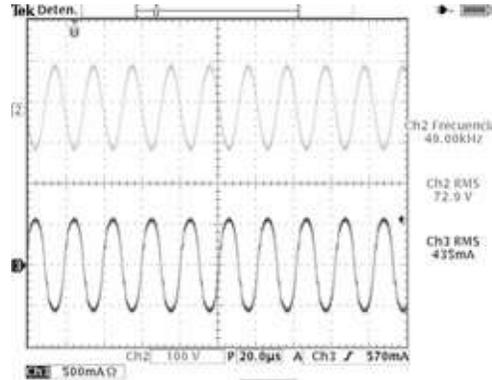


Fig. 13 Lamp voltage and current waveforms

The total efficiency of the circuit is determined by the following expression:

$$\eta_{TOT} = \frac{P_{lamp}}{P_{ent}} = \eta_{inv}(1 - k) + \eta_{inv}\eta_{conv}k \quad (33)$$

Where, $\eta_{conv}=83$ (ICS converter), $\eta_{inv} = 0.98$ (resonant inverter) and $k=0.5$ (duty cycle). Therefore, the total efficiency is $\eta=90$.

Figure 14 shows input voltage and current waveforms. The input current waveform fulfills the IEC1000-3-2 norm. The THD was 28% and the power factor 97%.

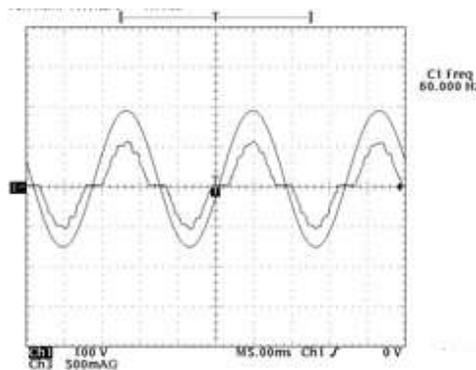


Fig.14 Input voltage and current waveform

I. Conclusions

This paper presents a low-cost high-efficient self-oscillating electronic ballast with high power factor. The power factor correction is realized by an input current shaper where the power switch is commanded by an extra winding in the self-oscillating circuit. Besides, the input current shaper works as lamp current limiter stabilizing the lamp. So, there are not any integrated circuits.

The analysis of the self-oscillating circuit is carried out using the describing function. The experimental results show a very good performance on power factor, THD, and efficiency.

References

E. Flores, M. Ponce, L.G. Vela, M.A. Juárez, L. Hernandez, "Analysis and Design Method for High Frequency Self-Oscillating Electronic Ballasts", IEEE Transactions on Industry Applications, Vol.4 No.6 Nov. 2011. pp. 2430–2436

Prado R. N., Seidel A. R., Bisogno F. E., and Pavão R. K., "Self-Oscillating Electronic Ballast Design based on Point of View of Control System", ThirtySixth IAS Annual Meeting. Conference Record of the 2001 IEEE

J. M. Alonso, A.J. Calleja, E. López, J. Ribas, M. Rico; "Analysis and experimental results of a singlestage high-power-factor electronic ballast based on flyback converter," IEEE APEC'98 proceedings, pp. 1142-1148

Mario Ponce, Efrén Flores, Mario A. Juárez, Víctor H. Olivares. "Stabilization of HID Lamps using Dc-Dc Converters with an Open Loop Control". IEEE Transactions on Power Electronics, Vol. 22, No. 3, May 2007. pp. 769-779.

J. Ribas, J. M. Alonso, A. J. Calleja, E. Lopez, J. Cardesin, J. Garcia, M. Rico. "Arc stabilization in low-frequency square-wave electronic ballast for metal halide lamps". IEEE Applied Power Electronics Conference and Exposition, 2003. APEC '03. Volume 2, 9-13 Feb. 2003 Page(s):1179 – 1184

Ben-Yaakov, S., et al., "Statics and Dynamics of Fluorescent Lamps Operating at High Frequency: Modeling and Simulation" IEEE Transactions on Industry Applications, 38(6):1486-1492, 2002.

Alonso, J.M, Dalla Costa, M.A, Cardesín, J. Martin-Ramos, J.A.Garcia-Garcia, J. "Small-Signal Modeling of Discharge Lamps Throught Step Response and Its Aplication Low-frequency Square-Waveform Electronic Ballast" Power Electronics; Volumen 22, Numer 3, Pag 744-752 May 2007.

J. Correa, M. Ponce, A. López, J. Arau, J.M. Alonso "A Comparison of LCC and LC Filters for its Application in Electronic Ballast for Metal-Halide Lamps" PESC 2001, record.

Mario Ponce, Mario A. Juárez, Rene Osorio, Víctor H. Olivares. "Self-Oscillating Ballast with High Power Factor and High Efficiency with no Integrated Circuits". I International Conference on

Electrical and Electronics Engineering, X Conference on Electrical Engineering, Acapulco, México, 8-10 September 2004

Edward E.Deng "Negative incremental Impedance of stability of fluorescents lamps and simple high power factor lamp ballast" Thesis Doctoral, California Institute of technology, Pasadena California, 1996

M. A. Juárez, M. Ponce-Silva, J. E. Arau and E. Flores "A Simple Method to Obtain the Coefficients of Small Signal Model for Discharge Lamps" IEEE International Conference on Power Electronics CIEP'10, 22-25 August 2010. San Luis Potosí, México.

Tendencias de consumo de energía eléctrica en el Instituto Tecnológico de Culiacán: caso de estudio

Dr. Reynol Díaz Coutiño, M.I Cynthia Lidieth Rojas Espinoza
Instituto Tecnológico de Culiacán

reynold@uas.edu.mx, cynthia_lidieth@hotmail.com

Resumen

El recurso energético en el modelo energético actual es un factor limitante debido al carácter finito y contaminante de su producción. Hay evidencias de que algunas empresas privadas han emprendido estrategias para controlar el consumo energético no por sus impactos ecológicos, sino por sus implicaciones en la función de costos. Por otro lado, las instituciones públicas pareciera no tener el interés de ejercer algún tipo de control sobre el uso y consumo del recurso energético, ni por razones financieras y tampoco ambientales. En este marco, se ha tomado el Instituto Tecnológico de Culiacán (ITC) como caso de estudio para hacer un recuento histórico del consumo de energía eléctrica por sesenta meses (2005-2010), de cuya tendencia, por un lado se calcula su equivalencia de CO₂ y se obtiene un modelo de estimación con el fin evaluar la contribución que esta institución haría en los próximos años en el acumulado de gases de efecto invernadero. Asimismo, se estiman sus desembolsos financieros.

Palabras claves: consumo energético, factor limitante, gases de efecto invernadero impacto ecológico,

Abstract

The energy source in the current energy model is a limiting factor due to the finite and polluting nature of its production. There is evidence that some private companies have undertaken strategies to control energy consumption not by their ecological impacts, but also of its implications in the cost function. On the other hand, public institutions seems to have no interest in carry out some control on the use and consumption of energy resources, nor financial reason neither environmental. In this context, it has been taken Instituto Tecnológico de Culiacán (ITC) as a case study for a historical account of electricity consumption for sixty months (2005-2010), whose tendency, first of all it is calculated its equivalent CO₂ and then it is formulated an estimation model in order to assess the contribution that this institution would contribute in the coming years in the accumulated greenhouse gases. Also, financial disbursements are estimated.

Keywords: energy consumption, limiting factor, greenhouse gases, ecological impact.

Introducción

Cuando se explica y se toman decisiones sobre el desarrollo en cualquiera de sus ámbitos, social, económico, etc., resulta necesario hablar del papel que juega la energía en la sociedad. En este sentido, Puig y Corominas (1990) explican que la energía y el uso de la misma está estrechamente relacionada con la historia, el crecimiento y el desarrollo de las sociedades a lo largo del tiempo, de tal forma que el crecimiento y desarrollo futuro depende de la energía disponible y del aprovechamiento de la misma. Sin embargo, todo hace suponer que la forma actual de energía, la energía fósil, deviene como factor limitante (por su agotamiento) para el desarrollo de toda sociedad.

Los estudiosos del estado actual y disponibilidad de energía estiman que el 80% de la energía que utiliza la sociedad proviene de combustibles fósiles (Tohaira, 2010). Esta dependencia induce a pensar en la necesidad de cambiar el modelo energético actual por dos razones: la primera por el agotamiento de los combustibles fósiles; la segunda, por la contaminación procedente de la utilización de los mismos como fuente de generación de energía (Kramer, 2003). Estas dos razones sirven de guía para explorar de qué forma e intensidad es el consumo de energía eléctrica (medida en watts) del Instituto Tecnológico de Culiacán y en su equivalencia en CO₂. Una vez conocida la magnitud de esta equivalencia, se pretendió que el ITC, en tanto institución pública, entrara a una etapa de toma de conciencia sobre la importancia del recurso eléctrico y del impacto que tiene el mismo en la contaminación ambiental (WEC & ADEME, 2004).

Planteamiento del problema

Las instituciones públicas son grandes consumidores de recursos naturales, que mediante el desempeño de las actividades que llevan a cabo, las realizan bajo la *creencia* de que estos recursos son ilimitados. El Instituto Tecnológico de Culiacán, como institución pública, escasa atención dispone para el control sobre el consumo de energía eléctrica, para identificar el tamaño de éste y las tendencias del mismo, de modo que al hacer uso del recurso sin tener medios de control eficientes, asume una posición de fuente contaminante.

Con base en lo anterior, se plantean las siguientes preguntas: ¿Cómo ha evolucionado el consumo de energía eléctrica en que incurre el Instituto Tecnológico de Culiacán, para llevar a cabo la tarea de prestar el servicio educativo?, ¿Cuál es la cantidad estimada de CO₂ liberada al ambiente, durante la producción de energía eléctrica que la institución necesita para su funcionamiento? Y por último ¿Cuál es el nivel de conciencia ambiental del Instituto Tecnológico de Culiacán, en lo referente al consumo energético?

Con el objetivo de *identificar las tendencias del consumo de energía eléctrica en el Instituto Tecnológico de Culiacán de modo que sea posible estimar el costo ambiental derivado de la producción y utilización del recurso*, se plantea la siguiente hipótesis: **“La edad de las instalaciones y de la tecnología de los equipos, así como el número de usuarios y el modo de utilización del recurso son los factores que determinan el tamaño del consumo de la energía eléctrica de la institución”**. La figura 1 ilustra esta relación.



Fig. 1. Diagrama de la relación de las variables independientes y dependiente de la hipótesis

Metodología

La investigación dio inicio con la elaboración de un diagnóstico del consumo de energía eléctrica en que el incurre el Instituto Tecnológico de Culiacán. La actividad se llevó a cabo en tres fases: la primera, se evaluó la gestión de la energía eléctrica que aplica la institución, mediante un cuestionario que se adquirió de la Unidad de Planeación Minero Energética de Colombia y que se adaptó a las circunstancias del ITC; a la par, se entrevistaron a los jefes de departamentos del ITC con la finalidad de la obtener sus opiniones sobre la gestión del recurso eléctrico y datos específicos de cada departamento. De igual manera se aplicó una encuesta a los usuarios (estudiantes, docentes y administrativos) de la institución con la intención de identificar el nivel compromiso respecto al uso que ellos le dan al recurso.

La segunda etapa consistió en efectuar una comparación de los consumos de energía eléctrica de los diferentes edificios de la institución. Estos edificios se clasificaron en viejos y nuevos. Se definieron como viejos aquellos que tienen más de treinta años y nuevos aquellos que tienen una edad no mayor de diez años. Esta estratificación facilitó la tarea para evaluar el estado de los cableados y equipos de refrigeración (aires acondicionados). La tercera fase consistió en la revisión de los recibos que emite la Comisión Federal de Electricidad (CFE) para el cobro del consumo eléctrico de la institución. De este documento se obtuvieron dos datos: la cantidad de watts consumidos durante el mes y el costo por este consumo. Se eligió el intervalo 2005-2010, porque fue durante este periodo que se tenían los citados recibos de mes a mes. Los datos se organizaron en función del tiempo lo cual permitió no sólo identificar el comportamiento del consumo sino además estimar las tendencias del mismo para los próximos años. Asimismo, se calcularon las equivalencias en CO₂ que la institución pública ITC libera (de manera indirecta) a la atmosfera.

Resultados

Con base en los datos que se obtuvieron tanto de las encuestas, como de las entrevistas que se sometieron a la tabla de medición de los niveles de gestión energética que aplica el ITC los resultados no son alentadores. La calificación total que se obtuvo fue de 1.56, que para ser aceptable el indicador mínimo es 2. Es decir, la escala del calificador de niveles de gestión energética sitúa al ITC en un nivel de gestión deficiente del recurso energético. Por otra parte, una pregunta clave que rescata la percepción del usuario sobre la necesidad de hacer campañas de información sobre los impactos de la obtención y utilización de la energía

eléctrica, el 57% de los encuestados dice estar muy de acuerdo en que es necesaria una campaña de información, el 28% dice estar de acuerdo, el 8% dice no estar de acuerdo, ni en desacuerdo, el 3% dice estar en desacuerdo, mientras el 4% dice estar muy en desacuerdo (ver fig. 2)

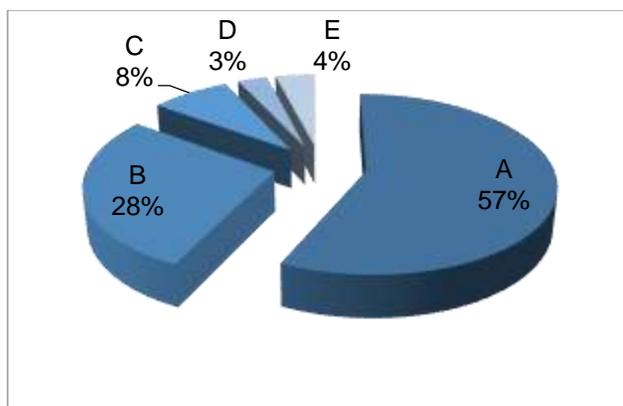


Fig. 2. Porcentaje de usuarios que calificaron la necesidad de campañas de información sobre los impactos de la obtención y utilización de la energía eléctrica.

Con el conjunto de datos que explican la actitud del usuario con respecto al uso y cuidado recurso y la aceptación de estrategias para el mejor uso de éste, se realizó un análisis de correlación para determinar si existe relación entre el conocimiento que tienen los usuarios respecto a los costos ambientales de la producción de energía y el uso que le dan a ésta. La figura 3 despliega el diagrama de dispersión y el modelo que estima la citada correlación. Es importante advertir que el coeficiente de determinación $R^2 = 0.1308$, aunque pequeño, sugiere que no hay una relación lineal entre las variables citadas, el signo positivo da indicios del nivel de conocimientos que tiene el usuario respecto al uso del recurso y sus costos ambientales.

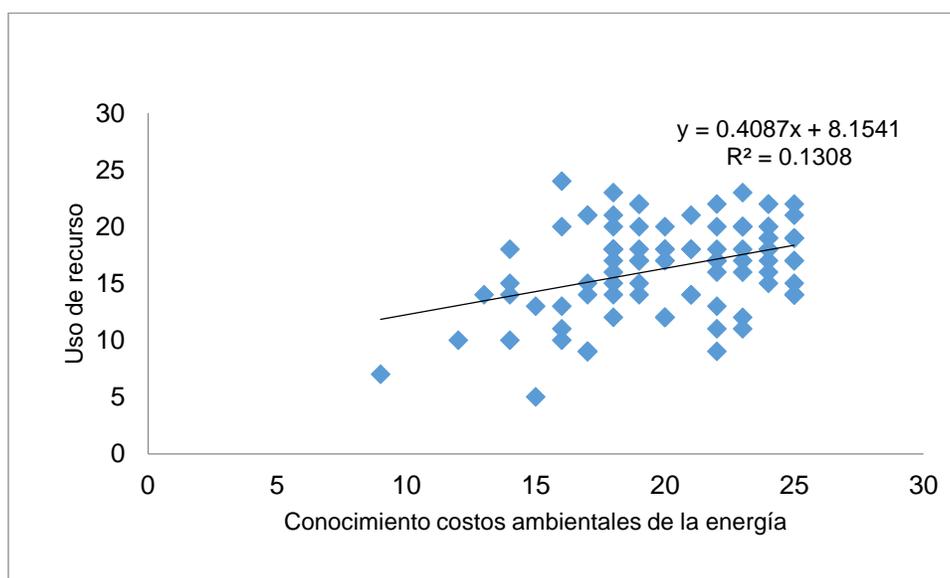


Fig. 3. Correlación entre el uso del recurso y el conocimiento sobre los costos ambientales de la energía

Otro análisis que se desprende del diagrama de dispersión consistió en dividirlo en cuatro cuadrantes, con la finalidad de observar la proporción de usuarios que se encuentran en cada

categoría y establecer, de este modo, la necesidad de acciones que contribuyan a lograr el uso eficiente de la energía eléctrica.

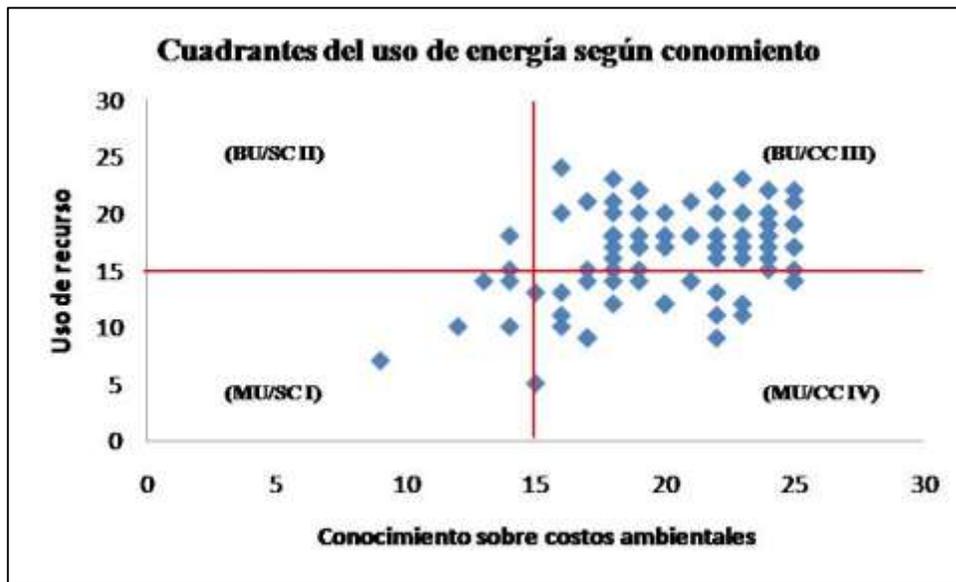


Fig. 4. Clasificación de usuarios de acuerdo con el nivel de conocimiento sobre los costos ambientales y uso del recurso energético.

Los cuatro cuadrantes, que agrupan el comportamiento de la población con respecto al uso del recurso, se clasificaron en las siguientes categorías:

- Mal uso/Sin conocimiento (MU/SC I)
- Buen uso/Sin conocimiento (BU/SC II)
- Buen uso/Con conocimiento (BU/CC III)
- Mal uso/Con conocimiento (MU/CC IV)

Estas categorías mostraron que el 65% de la población encuestada se encuentra en la categoría ideal en el cuadrante tres (BU/CC III), es decir, según lo recabado en la encuesta los usuarios hacen buen uso del recurso energético además de demostrar conocimiento sobre las consecuencias de su uso y obtención, contrario a este grupo, el 26% de los encuestados se coloca en el cuarto cuadrante (MU/CC IV). Esto significa que por un lado los usuarios demostraron conocimiento sobre los costos ambientales, pero aún así, hacen un mal uso del recurso energético.

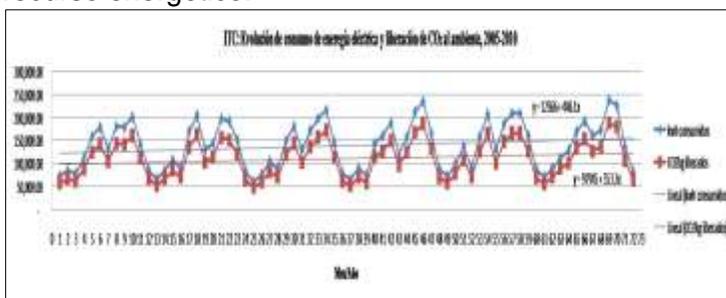


Fig. 5. Evolución del consumo de energía eléctrica y su equivalencia en CO₂ del ITC, 2005-2010

Dentro del marco de la gestión del recurso y la actitud de los usuarios con respecto al uso del recurso energético y sus costos ambientales se despliega el comportamiento y tendencia del consumo de energía eléctrica del ITC (ver figura 5).

Con base en la forma y tendencia que sigue el consumo de energía eléctrica se obtuvo el modelo de estimación,

$$Y = 12,336 + 446.1X,$$

Donde Y es el consumo de energía medido en Wh y X es el tiempo medido en meses. Asimismo, se consiguió definir la línea de tendencia de la equivalencia en CO₂ de la que se obtuvo el modelo de estimación,

$$Y = 97,945 + 353.3X$$

Donde Y representa la equivalencia en CO₂ y X es el consumo de energía eléctrica expresados MWh.

De acuerdo con el documento *Emisiones atmosféricas de las centrales eléctricas de América del Norte* editado por la Comisión para la Cooperación Ambiental de América del Norte en el año 2004 y la Guía M-5 Metodología de conversión de unidades publicada en el año 2004 por la Organización Latinoamericana de Energía (OLADE) y el Sistema de Información Energética Nacional (SIEN) se estima que por cada watt/hora que consume el ITC su equivalencia en CO₂ es de 0.792 kg/Wh.

Conclusiones

El Instituto Tecnológico de Culiacán ejerce un rol de fuente puntual de contaminación. El consumo significativo de energía eléctrica que efectúa, deviene como un proceso de producción donde se libera CO₂ al ambiente, de modo tal que al hacer uso del recurso, la institución de manera indirecta participa en el aumento de las cantidades de CO₂ en la atmósfera del planeta. Si la situación de la institución se analiza como un hecho aislado, su grado de contribución es pequeño, pero si se agrupa a las instituciones públicas que realizan sus actividades bajo las mismas circunstancias es posible vislumbrar la magnitud de los costos económicos y ambientales provocados por el derroche del recurso eléctrico. No está por demás decir que los resultados de este proyecto de investigación han sido útiles para formular la matriz de aspectos ambientales para la norma ISO 14000 que en breve se implementará en el ITC.

Referencias

- Comisión para la Cooperación Ambiental de América del Norte (2004). *Emisiones atmosféricas de las centrales eléctricas de América del Norte*. Quebec, Canadá
- Kramer, F. (2003). *Educación ambiental para el desarrollo sostenible*. Madrid: Editorial los libros de la catarata.
- Organización Latinoamericana de Energía (2004). Guía-M5. Metodología de conversión de Unidades. Disponible en: www.olade.org/Doc-sien/Metodologias/GuiaSIEN_M-5 Factores de conversión de unidades.pdf Consultado el 16 de octubre de 2013.
- Puig, J., Corominas, J. (1990). *La ruta de la energía.*, Barcelona: Anthropos.
- Toharia, Manuel (2010). *Mito y realidad del cambio climático*. Clausura de los másteres AIMME-UCV 2008/09, Valencia, 22 abril 2010.
- World Energy Council & Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (2004). *Eficiencia Energética: Estudio Mundial. Indicadores, Políticas, Evaluación*. Informe del Consejo Mundial de la Energía en colaboración con ADEME, Londres, Inglaterra.

Metodología para el diseño aerodinámico de las aspas de una turbina eólica pequeña

^{a,b} Rosado Hau N., M.I. y ^bGamboa-Marrufo M., D.Phil

^a Instituto Tecnológico Superior Progreso

^b Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Yucatán

nrosado@itsprogreso.edu.mx, gmarrufo@uady.mx

Resumen

En este trabajo se describe la metodología llevada a cabo para realizar el diseño geométrico de las aspas para una turbina eólica pequeña que opere a bajas velocidades de viento. Las curvas de sustentación y arrastre del perfil aerodinámico s1210 se obtuvieron empleando el software *xfoil* y se compararon con los resultados del software *DesignFoil* y datos obtenidos en un túnel de viento. Estas curvas fueron empleadas, en conjunto con códigos en *Matlab* de la teoría del Momento del Elemento de Aspa, para determinar el diseño geométrico de la misma. Se realizaron diversos modelos tridimensionales en *SolidWorks* y se compararon las geometrías obtenidas. Se obtuvo la distribución del ángulo de torsión y de la variación de la cuerda del aspa seleccionada para una turbina que produzca 2943 W.

Palabras clave: aspa, números de reynolds bajos, turbinas eólicas pequeñas, *xfoil*.

Abstract

This paper describes the methodology carried out for the geometric design of a small wind turbine blade so that it operates at low wind speeds. Lift and drag curves of the airfoil S1210 were obtained using *xfoil* software and these were compared with results obtained using *DesignFoil* software and wind tunnel data. The lift and drag curves were combined using *Matlab* algorithms related to the Blade Element Momentum theory to determine the geometric design of the blade. Different 3D models in *SolidWorks* were studied and compared. The blades chord and twist angle distributions of a 2943 W turbine were obtained.

Key words: airfoil, low reynolds number, small wind turbine, *xfoil*.

Introducción

Actualmente la energía proveniente de fuentes renovables está jugando un papel muy importante en los sistemas modernos de producción de electricidad debido a la disponibilidad local del recurso, a la aceptación pública, a los beneficios que se proporcionan al medio ambiente y al incremento de los precios de los combustibles provenientes de fuentes fósiles (Simic et al. 2013; Saidur et al. 2010). Una de las tecnologías que emplea fuentes renovables, con pronóstico creciente en el mercado, son las turbinas eólicas pequeñas; siendo denominadas de esta forma, según la norma IEC-61400-1, aquellas turbinas cuya potencia es menor de 50 kW. La Asociación Mundial de Energía Eólica (WWEA, por sus siglas en inglés) reportó en marzo del 2012, un crecimiento anual del 35 % de la capacidad potencial instalada de turbinas eólicas pequeñas en comparación con los años anteriores; y en el reporte, se pronostica que este índice de crecimiento se mantenga hasta el año 2015 y crezca a un 20 % entre el 2015 y el 2020.

Una de las razones para estudiar el funcionamiento de las turbinas eólicas pequeñas es que usualmente éstas se encuentran localizadas cerca del lugar de empleo de la carga y éste suele

ser un sitio con poco viento y, debido a que las turbinas pequeñas no tienen un ajuste automático del ángulo de inclinación de aspas, es necesario llevar a cabo un diseño aerodinámico adecuado de las aspas que permita generar una fuerza de sustentación suficientemente grande para iniciar con el giro del rotor a bajas velocidades de viento (Wood, 2011; Wright, 2004). El aspa es el componente crítico en el funcionamiento de una turbina eólica, debe estar diseñada para aprovechar la máxima potencia disponible en el recurso eólico que actúa sobre ella y resistir las cargas aerodinámicas distribuidas a lo largo de su longitud. Estas características están relacionadas con la geometría del aspa y la velocidad del viento a la que queda sujeta (Hamdi et al., 2011; Rajadurai & Thanigaiyarasu, 2009). El contorno aerodinámico de las aspas está formado en la parte exterior por perfiles aerodinámicos delgados; longitudinalmente, las aspas se van haciendo estrechas y se van torciendo. El reto de los diseñadores es por lo tanto ir desde un simple diseño rectangular hasta integrar la forma aerodinámica, la disminución y la variación del ángulo de torsión a lo largo del aspa, en un diseño de la estructura de la misma que optimice el uso de los materiales y permita una producción rentable (Povl et al., 2005).

El rotor es el componente de la turbina eólica que ha tenido un gran desarrollo en años recientes. Los perfiles aerodinámicos empleados en las aspas de las primeras turbinas eólicas modernas fueron desarrollados para aviones y no estaban optimizados para ángulos de ataque mayor, que son frecuentemente comunes en las turbinas eólicas. En la actualidad se ha comenzado a emplear perfiles aerodinámicos optimizados específicamente para éstas. Algunas turbinas modernas que emplean estos perfiles operan cercanas al límite de Betz, con un C_p de 0.5 (Hansen, 2008). La optimización aerodinámica de las aspas está asociada con la optimización de la longitud de la cuerda y la variación del ángulo de recepción del viento a lo largo del aspa, el número de aspas, la forma del perfil, y el cociente de velocidad de punta (TSR, por sus siglas en inglés). Con la optimización del aspa se espera alcanzar un coeficiente de potencia cercano al límite de Betz (Ronit et al, 2012). El coeficiente de potencia de la turbina depende del ángulo de ataque del viento, ángulo de recepción del viento a lo largo del aspa, y el ángulo de inclinación del aspa (Rajadurai & Thanigaiyarasu, 2009). La optimización de la configuración de una turbina es un problema multidisciplinario y complejo. Muchas consideraciones de diversa naturaleza deben ser hechas y tomadas en cuenta con el fin de encontrar el diseño óptimo que permita el mejor funcionamiento de la turbina al menor costo. La optimización de las aspas de turbinas eólicas ha sido el objeto de estudio de investigaciones en la literatura reciente. Por ejemplo: ECNBOT, 2010; Lee et al., 2007; Malawi and Badr, 2003 y Mendes y Greiner en el 2006. En estos trabajos se describe procedimientos para determinar la forma aerodinámica óptima de las aspas del rotor (Charalambos, 2011).

Uno de los parámetros más importante para el funcionamiento de una turbina eólica es el coeficiente de potencia, C_p , el cual es el cociente entre la energía producida por la turbina y la energía disponible en el aire que pasa a través del área de barrido de la misma. Este coeficiente está dado por:

$$C_p = \frac{P}{1/2 \rho V_0^3 \pi R^2} \quad 1$$

donde: P, es la potencia producida por la turbina, V_0 , es la velocidad del viento, ρ , es la densidad del aire y R, es el radio del rotor. La potencia de una turbina depende de su diámetro, de su velocidad angular (ω), de la velocidad del viento, de la densidad (ρ) y de la viscosidad cinemática (ν) del aire. Al cociente entre la velocidad tangencial en la punta del aspa y la velocidad del viento libre se le conoce como relación de velocidad de punta (λ). Este parámetro es el que controla la aerodinámica del aspa ya que fija el ángulo de ataque a lo largo de la

misma. El valor óptimo de λ para turbinas de 3 aspas se encuentra entre 7 y 10, rango en el cual el coeficiente de potencia alcanza su valor máximo (Hau, 2006)

Metodología para el diseño aerodinámico de las aspas

Es este trabajo se llevó a cabo el diseño aerodinámico de las aspas del rotor para una turbina eólica pequeña y, con el objetivo de obtener el mejor diseño posible, fue necesario considerar algunas características de la turbina y de sus condiciones de funcionamiento, como son: el número de aspas, el diámetro, la velocidad de rotación de la turbina así como la velocidad del viento a la cual operaría usualmente. Definidos estos parámetros de funcionamiento, se requirió determinar la distribución de la cuerda y del ángulo de torsión a lo largo del aspa. Con la geometría del aspa se determinó la potencia que generaría la turbina con este modelo de aspa, así como la distribución de la sustentación y arrastre presentes en la misma. Posteriormente con el modelo tridimensional se realizó un análisis de esfuerzos utilizando el programa *SolidWorks* para visualizar la deflexión que sufren las aspas. A continuación se presenta el proceso realizado, y posteriormente se describe cada paso del procedimiento.

1. Definición λ , B, V_o , D
2. Elección del perfil
3. Obtención de curvas $C_L(Re,\alpha)$ y $C_D(Re,\alpha)$ con *xfoil*
4. $Re_{inicial}$, C_L óptimo, C_D óptimo
5. Distribución de cuerda, y ángulo de torsión con *Matlab*
6. Cálculo de potencia, fuerzas de empuje, Re, L y D con *Matlab*
7. Si el Re obtenido difiere del inicial se regresa al paso 4 con el nuevo valor de Re.
8. Construcción del modelo 3D en Solidworks

1 Definición de parámetros de operación de la turbina

Con el objetivo de iniciar el diseño de las aspas de un rotor, es necesario determinar el diámetro que se desea para la turbina. Una primera aproximación se logra empleando la ecuación del coeficiente de potencia dada en la ecuación 1, siempre y cuando se defina con anterioridad la potencia de entrega requerida de la turbina. Las velocidades de viento medidas a 30 m de altura en Mérida, Yucatán, son de 5 m/s en promedio (NREL, 2005) y la densidad del aire tiene un valor de 1.2 kg/m^3 a esta altura. Por lo cual, el diseño de la turbina considera una ubicación de la misma por arriba de esta altura con el fin de utilizar velocidades promedio del viento (V_o) sobre el rotor de 5 m/s. Se propuso una potencia de 2.5 kW y empleando la ecuación 1 el diámetro (D) obtenido fue de 11 m aproximadamente. Para fines prácticos se optó por utilizar un diámetro de 10m. Se eligió la relación de velocidad de punta (λ) como 7 y un número de aspas (B) igual a 3. Con estas características se pretendió maximizar el coeficiente de potencia de la turbina. Si se cuenta con datos de alguna estación meteorológica en el lugar en el cual se pretende instalar la turbina, se podría emplear la ley del perfil logarítmico u otra ley que describa la variación de la velocidad del viento con respecto a la altura considerando la rugosidad del terreno.

2 Elección del perfil

Los coeficiente de sustentación y arrastre de un perfil se encuentran dados en función del ángulo de ataque, α , y el Número de Reynolds, Re. En una turbina eólica pequeña se tienen números de Reynolds en el rango entre 10^4 y 10^6 (Shyy et al. 2008). Para la elección del perfil se encontraron las curvas de los coeficientes de sustentación, C_l y de arrastre, C_d , en un intervalo de ángulo de ataque entre 0 y 20° a un Re de 100 000 para 5 perfiles distintos. Estas

curvas se generaron empleando el programa *XFOILInterface* en *Matlab*. En la figura 1 se presentan las curvas del cociente sustentación-arrastre (L/D) de 5 perfiles en función del ángulo de ataque. Debido a que en una turbina se requieren valores elevados del coeficiente de sustentación pero al mismo tiempo valores bajos del coeficiente de arrastre, es necesario elegir un perfil que tenga cocientes L/D máximos en el mayor intervalo de ángulo de ataque posible. Las coordenadas de los perfiles aquí presentados fueron tomadas de la base de datos de la Universidad de Illinois.

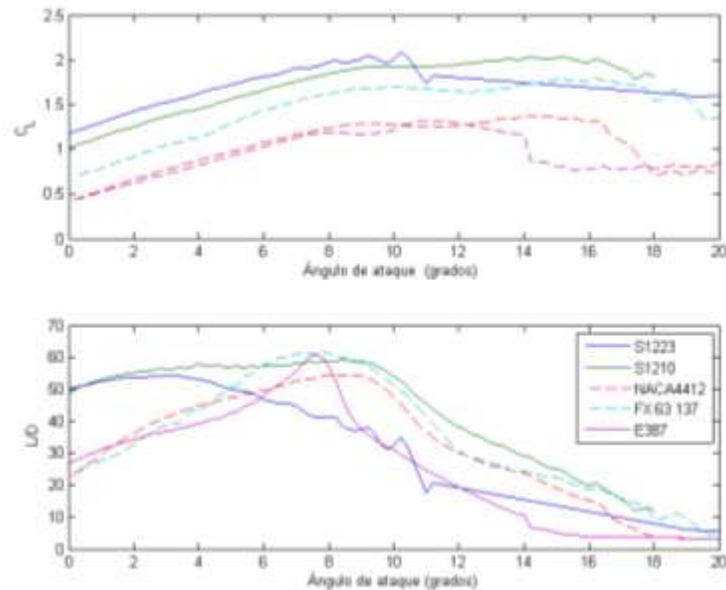


Figura 1 Coeficiente de sustentación y cocientes L/D de 5 perfiles obtenidos Con *XFOILInterface* a $Re=100000$.

En la figura 1 se puede ver que el perfil S1210 mantiene el cociente L/D más alto en un intervalo de 0 a 10° , el segundo perfil con L/D elevado es el s1223, sin embargo, disminuyen los valores altos de este cociente con la variación del ángulo de ataque. El perfil NACA4412 mantiene valores de L/D menores que el s1210, sin embargo, comparado con los otros perfiles, éste también mantiene constante este cociente entre 4 y 10° . Un cociente L/D mayor no necesariamente significa que el coeficiente de sustentación es alto; como se puede observar en la figura 1, el perfil s1223 es el que tiene coeficientes de sustentación mayores, sin embargo su cociente L/D no es de los más altos. Por lo tanto, se eligió el perfil s1210 para el diseño del aspa en este trabajo.

3 Obtención de las curvas de sustentación y arrastre con *Xfoil*

Ya determinada la utilización del perfil s1210, se prosiguió con la obtención de los cocientes L/D y los coeficientes de sustentación y arrastre, C_l y C_d , para 5 números de Reynolds comprendidos entre 100000 y 1000000 . Estas curvas se obtuvieron con el programa *XFOILInterface*. Con el fin de tener C_l y C_d de forma continua en el intervalo de 0 a 20° y en un intervalo de Re entre 50000 y 1000000 , se implementó un programa en *Matlab*, *InterS1210.m*, cuyo objetivo fue interpolar los datos e implementar una función que permita obtener C_l y C_d a diversos valores de Re y ángulos de ataque, α . Este programa se basó en el algoritmo de interpolación propuesto por Wood en 2011. De igual forma, se probaron diferentes programas para la obtención de las curvas de sustentación y arrastre de los perfiles, entre los cuales se encuentra *DesignFoil*. Los coeficientes de sustentación obtenidos mediante este software se

muestran la figura 2. Para el perfil s1210, C_L máximo, tuvo un valor cercano a 1.4. Otra forma de obtener estas curvas es mediante pruebas en túnel de viento; en las pruebas experimentales en túnel de viento llevados a cabo por M. Allen para este perfil, se aprecia que el coeficiente de sustentación para un ángulo de ataque de aproximadamente 10° , en un intervalo de Re entre 100000 y 300000 tiene un valor cercano a 1.7 (Seling, 1995). Debido a que con *Xfoil* se obtuvo un valor cercano a 1.7 a un ángulo de ataque de 10° , como se muestra en la figura 2, se optó por emplear este software para encontrar las curvas de sustentación y arrastre para el perfil a emplear.

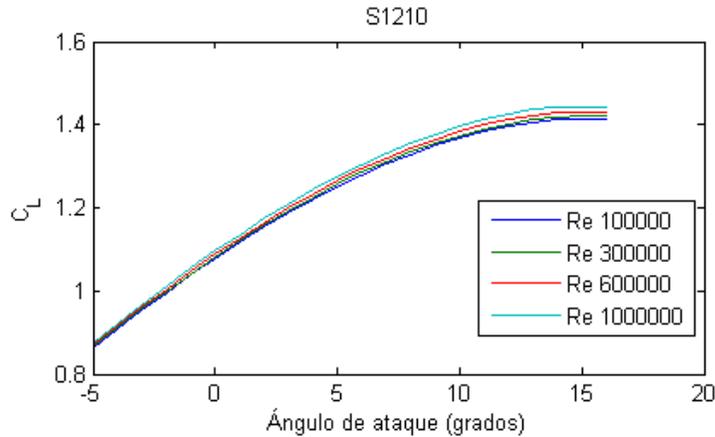


Figura 2 Coeficiente de sustentación y de arrastre a diferentes números de Reynolds del perfil S1210 obtenido con el programa *DesignFoil*

4.-Función de optimización geométrica del aspa

El cociente de sustentación/arrastre óptimo es de 128 y ocurre a 6° , para un $Re=600,000$, que es el Re comúnmente utilizado en el diseño de aspas de turbinas eólicas pequeñas. El coeficiente de sustentación a este valor de Reynolds es de 1.70 y el coeficiente de arrastre de 0.0132. Para encontrar la distribución de la cuerda y la torsión, se implementó un programa en Matlab: *geometría.m*. Este programa requiere como entrada los C_l y C_d óptimos, previamente elegidos de acuerdo a las curvas obtenidas en el *XFOILInterface*. Las ecuaciones para encontrar la cuerda, c , y el ángulo de torsión (β) óptimos según Burton et al., 2011 y Wood, 2011, son las siguientes:

$$cC_l = \frac{16\pi}{9N\lambda_r \sqrt{4/9 + [\lambda_r + 2/(9\lambda_r)]^2}} \quad 2$$

$$\tan \phi = \frac{2}{3\lambda_r + 2/\lambda_r} \quad 3$$

$$\beta = \phi - \alpha \quad 4$$

Donde λ_r es la relación de velocidad de punta local y ϕ es el ángulo que se forma entre la dirección de velocidad relativa del viento y el plano del rotor. La distribución de la cuerda y el ángulo de torsión a lo largo del aspa se calcularon para 2 casos: a) cuando el radio del *hub* es el 10% del radio del rotor (*aspa1*) y b) cuando el radio del *hub* es 15 % del radio del rotor (*aspa2*). En la figura 3 se presentan las 2 distribuciones geométricas correspondientes a los dos casos mencionados.

5 Potencia teórica de la turbina

Una vez definida la distribución de la cuerda y del ángulo de torsión para los dos casos de aspas, se implementó el programa *potencia.m* en *Matlab*, para la obtención de la potencia que se genera sobre cada una de las N secciones del aspa así como el empuje sobre ellas. Este programa se basó en el algoritmo del BEM, presentado por Wood, 2011.

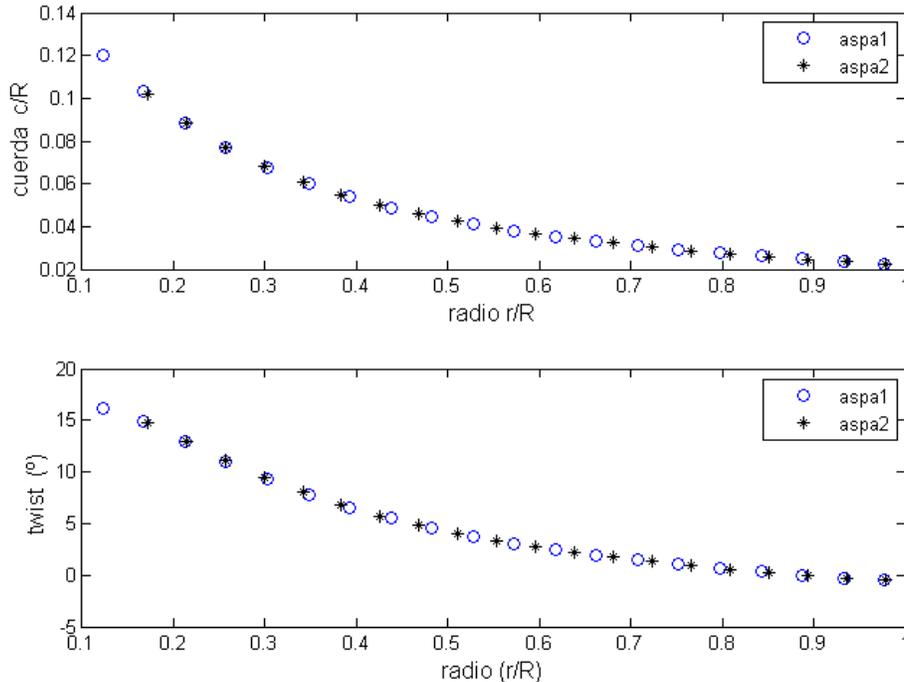


Figura 3 Distribución de la longitud de la cuerda dividida entre el radio del rotor, y la distribución del ángulo de torsión con respecto a la posición del radio del rotor.

El diseño teórico con la aspa 1 presenta su máxima potencia con una relación de velocidad de punta de 7, al igual que el diseño del aspa 2 (ver tabla 1). Debido a que la diferencia entre la potencia que se genera incrementando la longitud de la cuerda y el ángulo de torsión de los perfiles aerodinámicos del aspa en la parte cercana al *hub* es pequeña, se consideró el diseño del aspa 2 para realizar el modelo 3D. El coeficiente de potencia que se obtendría en una turbina con 3 aspas considerando los diseños del aspa 1 y 2 se presentan en la tabla 1, donde se puede observar que el coeficiente teórico de potencia máximo empleando los diseños de aspa 1 y 2, son de 0.505 para el diseño 1 y de 0.499 para el diseño 2, en ambos casos este coeficiente de potencia máximo se alcanzó con una relación de velocidad de punta de 7. Estos coeficientes de potencia, se consideran muy buenos, ya que el máximo valor teórico aún no alcanzado es de 0.59 (límite de Betz).

Tabla 1 Potencia que se genera en la turbina con aspas con radios de *hub* del 10% y del 15% del radio del rotor.

Aspa1		C_p	Aspa2		C_p
λ	Potencia (W)		λ	Potencia (W)	

6	2842.16	0.482	6	2811.03	0.477
7	2975.27	0.505	7	2943.11	0.499
8	2859.93	0.485	8	2826.83	0.479

6.-Modelo tridimensional del aspa

Para generar el modelo tridimensional se realizó el siguiente procedimiento: Se importaron las coordenadas del perfil S1210 al programa *Autocad*, en este programa se dibujaron 20 perfiles, los cuales variaban en cuerda y ángulo de torsión de acuerdo a la distribución del aspa 2. *Autocad* permitió rotar los perfiles con facilidad y, empleando el comando *escala* proporcionado dentro del programa, se definió la cuerda para cada perfil. Una vez dibujados todos los perfiles, éstos se importaron al programa *Solidworks*, creando diferentes planos paralelos. El modelo de aspa que se generó en *Solidworks* tuvo un análisis de geometría sin errores, ya que después de probar con diferentes secciones transversales en la región correspondiente al centro del rotor, este diseño fue el que se dibujó sin errores ni problemas en la continuidad de las líneas al momento de *extruir* el modelo tridimensional.

Resultados

En la figura 4 se aprecia que cerca de la punta es donde se genera la mayor cantidad de potencia; con un incremento en el ángulo de torsión y en la longitud de la cuerda del aspa cercana a la región del *hub*, como en el caso del aspa1, se genera un incremento despreciable de la potencia.

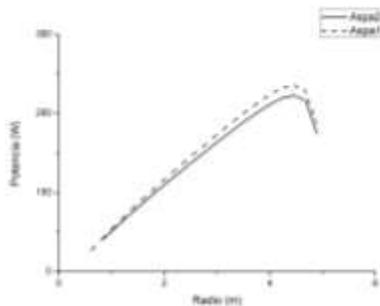


Figura 4 Potencia que genera cada sección del aspa considerando las 2 distribuciones geométricas.



Figura 5 Modelo tridimensional del aspa 2 obtenido en Solidworks.

Después de realizar diversos diseños en *Solidworks* con el fin de encontrar una geometría que no generara errores, se encontró una en la cual la distribución de la geometría 2 se tuvo que modificar cuando r/R era de 0.1712, en este punto en vez de colocar un ángulo de torsión de 14.8° se colocó un ángulo de torsión de 13° .

Conclusiones

El diseño aerodinámico de las aspas es fundamental cuando se tiene un sistema de inclinación automático, sobre todo cuando los perfiles aerodinámicos que se emplean tienen una curva L/D que sólo mantiene valores elevados durante un rango pequeño de ángulos de ataque. Los perfiles aerodinámicos diseñados para turbinas eólicas a bajo número de Reynolds, permiten que la turbina pueda operar con la mayor extracción posible de potencia proveniente del viento.

Con el fin de encontrar una geometría óptima de aspa que pueda funcionar eficientemente cuando la turbina opera a su relación de velocidad de punta de diseño y al mismo tiempo pueda iniciar con el giro de rotor a velocidades de viento menores a las de diseño, se requiere de las curvas de los perfiles a elevados ángulo de ataque y que se obtengan a partir de éstas y la teoría del momento del aspa, el comportamiento de la potencia de la turbina cuando las velocidades de viento incidente son menores y cuando la turbina rota a altas revoluciones.

El software xfoil es una buena herramienta cuando se requieren encontrar las curvas de sustentación y de arrastre en un intervalo de ángulo de ataque entre 0 y 20°, y con números de Reynolds mayores que 100000.

Agradecimientos

Al programa CONACYT por la beca otorgada durante la realización de parte de este trabajo en los estudios de Posgrado.

Referencias

Charalambos B., Cladio B. & Stathopoulos T. (2011); Environmental Wind Engineering and Design of Wind Energy Structures; International Centre for Mechanical Sciences; CISM Courses and Lectures, Vol 531. Italy; Springer Wien New York.

Hamdi, H., Mrad, C., Nasri, R., & Hamdi, A. (2011); Static and Dynamic Study of a Wind Turbine Blade with Horizontal Axis; Journal of Environmental Science and Engineering; pp. 1167-1174

Hansen M.O.L (2008); Aerodynamics of wind turbines; Second edition, London:earthscan.

Hau Erich (2006); Wind Turbines, Fundamentals, Technologies, Application, Economics; United Kingdom; 2nd Edition, Springer.

IEC 61400-1, International Standard, Wind Turbines Part 1 Design Requirements, Third Edition, 2005 World Wind Energy Association (2012); Small Wind World Report; New Energy; Husum

Povl B., Hans H. & Aage L. (2005); Composite Materials for Wind Power Turbine Blades; Annual Review Materials; pp. 505-538.

Rajadurai, J. S., & Thanigaiyarasu, G. (2009). Structural Analysis, Failure Prediction, and Cost Analysis of Alternative Material for Composite Wind Turbine Blades; Taylor & Francis; Mechanics of Advanced Materials and Structures; 16, pp. 467-487.

Ronit K.S., Ahmed M.R., Zullab M.A, Young-Ho Lee (2012); Design of a low Reynolds number airfoil for small horizontal wind turbines; Renewable Energy, 42, pp. 66-76.

Saidur, R., Islam, M. R., Rahim, N. A., & Solangi, K. H. (2010). A review on global wind energy policy. Renewable and Sustainable Energy Reviews (14), 1744–1762 doi:10.1016/j.rser.2010.03.007.

Shyy W., Lian Y., Tang J (2008), Aerodynamics of Low Reynolds Number Flyers, Cambridge.

Selig M.S., Guglielmo J.J., Broeren A.P. y Giguere P (1995) Summary of Low-Speed Airfoil Data, Vol 1, University of Illinois at Urbana-Champaign, Soartech Publications.

Simic, Z., Havelka, J. G., & Vrhovcak, M. B. (2013). Small wind turbines- A unique segment of the wind power market. *Renewable Energy* (50), 1027-1036. <http://dx.doi.org/10.1016/j.renene.2012.08.038>

Singh, R. K., & Ahmed, M. R. (2013). Blade design and performance testing of a small wind turbine rotor for low wind speed applications. *Renewable Energy* (50), 812-819. <http://dx.doi.org/10.1016/j.renene.2012.08.021>

UIUC; Airfoil Data Site; Airfoil Coordinates Database; http://www.ae.illinois.edu/m-selig/ads/coord_database.html Consultado Enero 2013

Wood, D. (2011); *Small Wind Turbines*; Canada: Springer.

Wright A.K., Wood D.H (2004); The starting and low wind speed behaviour of a small horizontal axis wind turbine; *J. Wind Eng. Ind. Aerodyn.* 92, pp. 1265-1279

Aerogenerador de eje vertical para aplicaciones In-situ Análisis y modelado de un aerogenerador de eje vertical

**M.C Barrera Valdés J. G, M.I. Jurado Pérez F., M.I. Razo Hernández J. R., M.C.
González Cabrera N.**

Instituto Tecnológico Superior de Irapuato

**jobarrera@itesi.edu.mx fejurado@itesi.edu.mx jorazo@itesi.edu.mx
nestor.gonzalez@itesi.edu.mx**

Resumen

En el presente artículo se presenta el análisis y modelado de un aerogenerador de eje vertical desarrollado en el instituto tecnológico superior de Irapuato (ITESI), del estado de Guanajuato. La validación del modelo matemático en cuanto al cálculo de energía generada, se realiza mediante el programa VISSIM EMBEDDED 5.0, por su versatilidad en simulaciones referentes a las energías renovables, esto en respuesta a las necesidades de generación de energía eólica que se cuenta en el campus de Irapuato Guanajuato.

Palabras clave: Aerogenerador eje vertical, fuentes alternas de energía, generación distribuida, modelado de A.G

Abstract

This paper presents the analysis and modeling of a vertical axis wind turbine developed at the Technological Institute of Irapuato higher (ITESI), the state of Guanajuato. The validation of the mathematical model in the calculation of energy generated is done by the program VISSIM EMBEDDED 5.0, for its versatility in simulations concerning renewable energy, this in response to the needs of wind generation that has on campus Irapuato Guanajuato.

Key words: Vertical axis wind turbine, alternative energy sources, embedded generation, modeling AG

Introducción

En la actualidad se presenta la necesidad de utilizar energías renovables para el funcionamiento de dispositivos electromecánicos debido a la creciente demanda de energía a la red eléctrica y a los altos niveles de contaminantes producidos por la generación mediante combustibles fósiles. Existe una modalidad de generación de eléctrica conocida como generación In-Situ, generación dispersa, o más cotidianamente conocida como generación distribuida. La cual se basa en generar energía eléctrica lo más cerca posible al lugar de consumo, es por eso que una opción importante a considerar es la generación de energía

eólica en sistemas de distribución, ya que su principal característica es que se origina partir de una fuente renovable y limpia, misma que ha tenido un gran auge en la última década a nivel mundial.

Hoy en día existen países como Dinamarca, Portugal, España que poseen un alto porcentaje de su capacidad instalada con energía eólica, sin embargo el uso de energía eólica en México aún es joven puesto que existen algunas zonas con área de oportunidad en el desarrollo de estos sistemas como se muestran en la Tabla 1:

Tabla 1. Potencial de Generación eólica en México

Zona	Potencial para Generar en MW
El sur del Istmo de Tehuantepec	2,000-3,000
La Península de Baja California	1,500-2,500
La Península de Yucatán	1,000-2000
Zacatecas	800-1,500
La Costa del pacifico	1,000-1,500
El Golfo de México	1,000-1,500

En 1994, México puso en marcha su primer parque eólico localizado en el ejido de La Venta, en el Istmo de Tehuantepec, Oaxaca. El parque eólico La Venta, construido como proyecto prototipo, fue el primero en su tipo en nuestro país y en América Latina y cuenta con siete aerogeneradores de 225 kW, que han operado con un factor de planta de alrededor de 40%.

En enero de 2007, entró en operación comercial el segundo parque eólico, La Venta II, localizado también en el Istmo de Tehuantepec. Se trata de un proyecto de obra pública financiada, adjudicado en el año 2005 a un consorcio español. Este nuevo parque eólico, cuenta con 98 aerogeneradores de 850 KW y una capacidad total instalada de 83.3 MW.

Con esta adicción, la capacidad eólica actual es de 85.48 MW de los 48,259.59 MW de la capacidad total instalada por CFE.

Desarrollo

Ventajas de los aerogeneradores de eje vertical

- No necesitan torre, por lo que la instalación y mantenimiento de los sistemas de generación es más fácil
- No necesitan mecanismo de orientación para orientarse respecto al viento.
- No requieren mecanismos de cambio de revoluciones, por lo tanto no suelen emplearse en aplicaciones que precisen una velocidad angular constante.

Desventajas de los aerogeneradores de eje vertical

- Al estar cerca del suelo la velocidad del viento es baja.
- Baja eficiencia.
- No son de arranque automático, requieren conexión a la red para poder arrancar utilizando el generador como motor
- Algunos modelos requieren cables tensores

Modelo del viento

En un sistema de conversión de energía eólica es necesario modelar adecuadamente el comportamiento espacial y temporal del viento. Especialmente importante es conocer cómo afectarán ráfagas y cambios rápidos en rampa al comportamiento dinámico de la máquina y su repercusión en la calidad de la energía entregada a la red. También es interesante analizar un modelado de las variaciones aleatorias que sufre continuamente el flujo de aire. Con estas cuatro componentes se consigue un modelo razonablemente flexible para el estudio de las perturbaciones debidas al viento. El viento es una masa de aire en movimiento. Al considerar la energía cinética asociada obtenemos la relación en la ecuación 1.

$$E_{cin} = \frac{1}{2} * m_{aire} * v^2 \quad (1)$$

Donde:

E_{cin}: Energía cinética del viento en [J].

m_{aire}: Masa del aire en [kg].

v: Velocidad del viento en [m/s]

Tomando en cuenta que la potencia es la derivada de la energía con respecto al tiempo, es posible deducir finalmente la relación entre la potencia contenida en una masa de aire y la velocidad a la cual esta se mueve, relación expresada en la Ecuación (1).

De la ecuación anterior se puede definir la potencia del viento como:

$$P[W] = \frac{E_{cin}}{dt} = \frac{1}{2} * \frac{dm_{aire}}{dt} * v^2 \quad (2)$$

Dónde:

P: potencia del viento en [W]

La potencia es definida respecto a la cantidad de aire (masa) que circula por un determinado sector del espacio. A su vez la masa puede ser expresada por:

$$m_{aire} [Kg] = \rho \left[\frac{Kg}{m^3} \right] * V [m^3] \quad (3)$$

Dónde:

p: densidad del aire en Kg/m³

V: volumen de aire [m³]

Al definir la variación de masa en el tiempo conlleva una variación del volumen de aire que circula por el mismo sector:

$$\frac{dm_{aire}}{dt} = \rho * \frac{dV_{aire}}{dt} \quad (4)$$

A su vez el flujo está definido como:

$$F\left[\frac{m^3}{s}\right] = \frac{dV_{aire}}{dt} \quad (5)$$

Dónde:

F: flujo de aire m³/s

En la Figura 1 se aprecia, el volumen de aire que llega al área de barrido del rotor en un determinado tiempo.

$$\frac{dV_{aire}}{dt} = A[m^2] * v\left[\frac{m}{s}\right] \quad (6)$$

A: sección ortogonal al vector de velocidad del aire en [m²].

Sustituyendo la ecuación en la ecuación se obtiene:

$$\frac{dm_{aire}}{dt} = \rho * \frac{dV_{aire}}{dt} \quad (7)$$

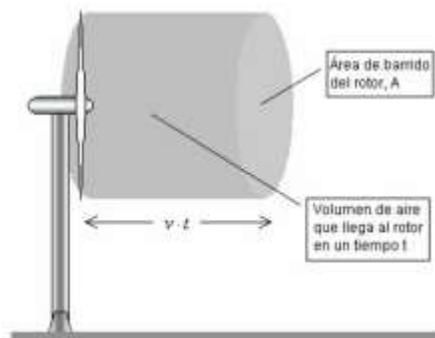


Figura 1 Barrido de aire en el rotor de un Aerogenerador

Luego, sustituyendo la Ecuación (7) en 2, se obtiene la ecuación que define el comportamiento de la potencia de una masa de aire (viento) que se desplaza con una cierta velocidad por unidad de superficie:

$$P = \frac{1}{2} * \rho * A * v^3 \quad (8)$$

Dónde:

A : superficie [m²]

p : densidad del aire [kg/ m³]

v : velocidad del viento [m/s]

Si bien P no corresponde a la potencia total que se podrá extraer por medio de la turbina, resulta ser proporcional a ésta.

De esta forma se explica porque la potencia mecánica de una turbina eólica es proporcional al cubo de la velocidad del viento, de ahí la importancia de conocer el comportamiento del viento en cualquier zona donde se evalúe instalar un aerogenerador. Cabe indicar que el análisis anterior corresponde a turbinas eólicas del tipo hélice de eje horizontal, que es el usado en la mayoría de los casos.

Finalmente, la potencia que será transmitida al aspa, corresponde a un porcentaje de la potencia del viento, y dependerá de diversos factores constructivos de la misma, los que influyen en el denominado coeficiente de potencia, definido como CP , correspondiente al cociente entre la potencia extraída por la turbina y la potencia del viento. Los valores promedio para este coeficiente en este tipo de máquinas son del orden de 40% como se mencionó en la ley de Betz la cual se demuestra que CP tiene un límite teórico de 59%.

De tal manera que la potencia real extraída por la turbina se define en la Ecuación (9):

$$P_T = C_p P \frac{1}{2} A \rho v^3 \quad (9)$$

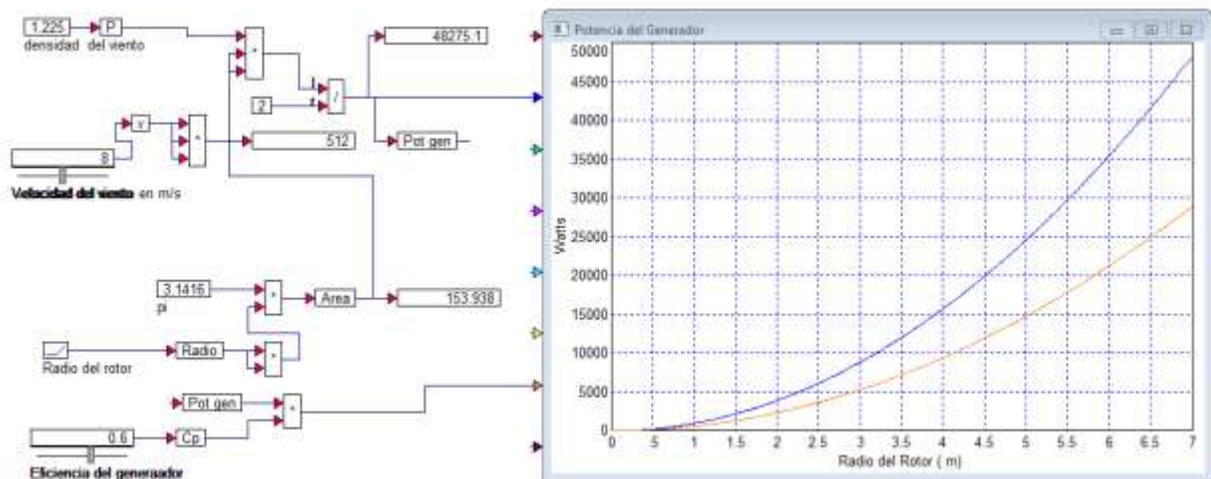


Figura 2 Potencia vs Radio del Generador.

En la Figura 2, Se puede apreciar que la potencia crece proporcionalmente con el cubo de la velocidad y al cuadrado respecto al radio del aerogenerador (superficie).

Modelado del generador de imanes permanentes

Este tipo de generador está compuesto por 2 discos que se encuentran situados en el exterior formando el rotor. En el interior se encuentra el estator. Los imanes permanentes están situados en la superficie de los discos rotóricos, de forma que crean un flujo cuya dirección es paralela al eje de giro, como se ilustra en la Figura 3.

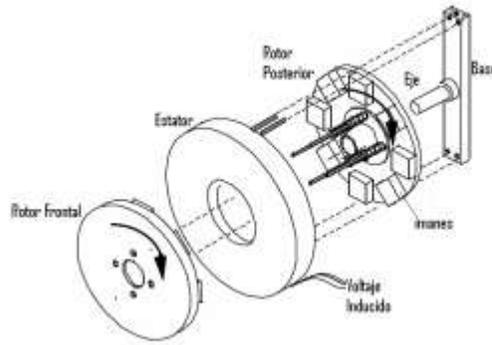
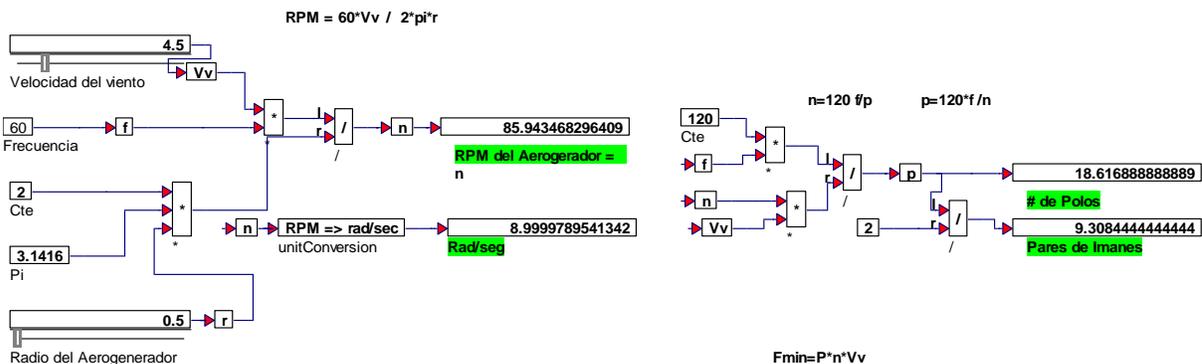


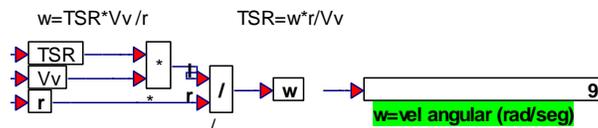
Figura 3. Rotor del Generador de Imanes Permanentes de flujo axial.

Esta configuración de dos entrehierros tiene la ventaja de cancelar las fuerzas longitudinales sobre el estator, además esta topología minimiza la inductancia de dispersión. Además al utilizar un estator sin ranuras, conseguimos eliminar el par de ranura y las vibraciones provocadas por él. El hecho de no usar hierro disminuye las pérdidas por histéresis y corrientes de Foucault. Es importante especificar que los imanes deben ir situados uno al lado de otro de forma magnéticamente opuesta, es decir, N-S-N-S y así sucesivamente. De la misma manera en el disco opuesto deben ir situados al contrario que en el anterior para que en uno vaya el flujo en un sentido y en el otro vaya en el sentido contrario, uniéndose ambos flujos en el estator, donde se encuentra el devanado de tal forma que el flujo magnético pasa de un rotor a otro a través de las bobinas del estator mientras el eje del rotor gira y de esta manera se induce una tensión eléctrica en las terminales de las bobinas.

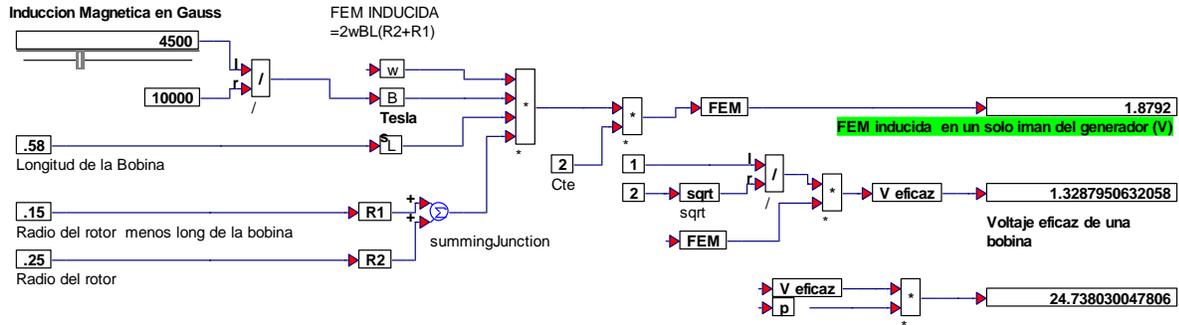
1.- el cálculo del número de polos, pares de Imanes y bobinas.



2.- Calculo de la velocidad angular del generador.



3.- Fuerza electromotriz inducida en las bobinas.



Turbina eólica de eje vertical (VAWT).

Los componentes principales que intervienen en el funcionamiento de una turbina eólica son: el rotor con sus paletas o aspas, la caja de engranajes, el generador y el poste o torre donde se sostiene la turbina.

Inicialmente el proceso de generación de electricidad el viento o energía cinética golpea las palas o aspas del rotor haciendo que el eje donde se sostiene rote, convirtiendo así la energía del viento en energía mecánica. Esta energía es tomada por la caja de engranajes la cual cumple la función de captar la energía mecánica de baja rotación, y aumentarla en energía mecánica de alta rotación antes de ser canalizada al generador. El generador capta la energía mecánica desde la caja de engranajes y la convierte finalmente en electricidad.

Debido a que este tipo de generador tiene un eje de rotación perpendicular el flujo de aire que se acerca, su modelo aerodinámico resulta ser más complejo que el de los convencionales aerogeneradores de eje horizontal. Las principales desventajas de los VAWT es que implica un alto ángulo de ataque y la estela que viene en la cuchilla de la parte contra el viento desde el eje. En comparación con el rotor Savonius el rotor Darrieus generalmente trabaja con la velocidad de punta relativamente alta lo que hace atractivo a los aerogeneradores, sin embargo no son de arranque automático y requieren excitación externa.

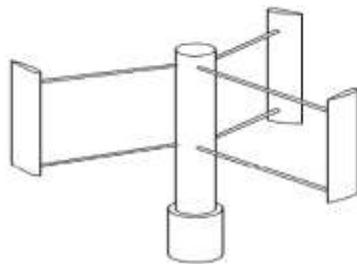


Figura 4. Turbina eólica de Eje vertical (VAWT).

Si se representa la hoja recta Darrieus tipo VAWT en un plano de dos dimensiones como se aprecia en la Figura 5 se distingue con mayor claridad las características aerodinámicas de este tipo de aerogenerador.

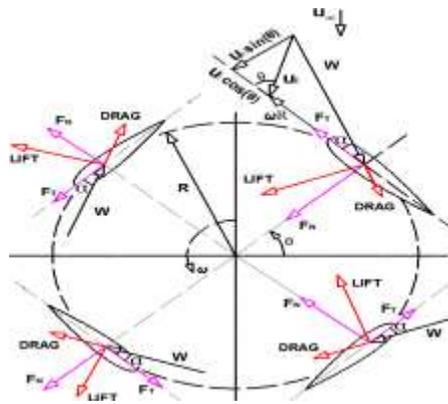


Figura 5. Características aerodinámicas de un VAWT.

Una turbina eólica de tipo Savonius considerando un coeficiente de potencia de 0.18.

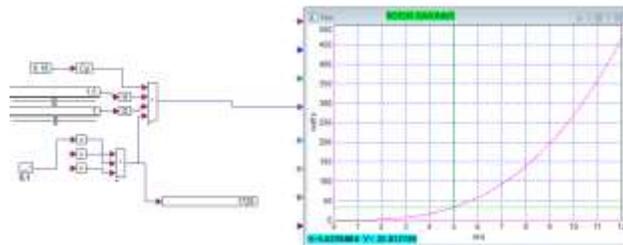


Figura 6. Velocidad y flujo en las palas de un Aerogenerador vertical.

Resultados

A continuación se muestran los resultados del análisis de la simulación del pequeño sistema:

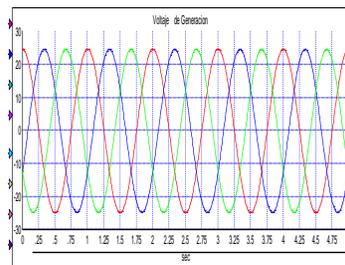


Figura 7. Voltaje trifásico ideal esperado para el Aerogenerador

La Figura 7 muestra el voltaje trifásico ideal del aerogenerador analizado y la Figura 8 muestra el voltaje trifásico real obtenido con el generador de Imanes permanentes propuesto.

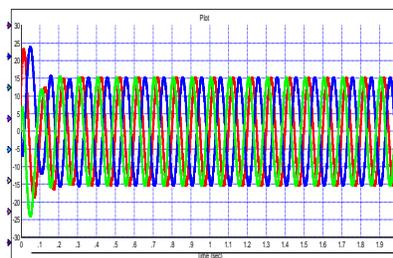


Figura 8. Voltaje trifásico real obtenido con el generador de Imanes permanentes propuesto.

Como se puede observar en la Figura 8 el voltaje real es muy similar al ideal por lo que podemos garantizar su perfecto funcionamiento en condiciones reales esto se muestra en la Figura 9 que muestra la corriente de arranque del generador.

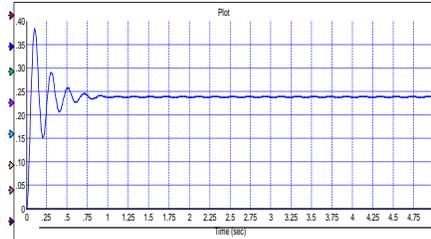


Figura 9. Corriente de arranque del generador.

La corriente de arranque del aerogenerador mostrada en la Figura 9 es realmente mínima y soportaría los diversos cambios de velocidad de viento que tengamos en un caso real.

Conclusiones

Los resultados obtenidos expresan la factibilidad de este tipo de aerogeneradores para instalarse en In-Situ y así disminuir la demanda eléctrica, sin embargo aún existen algunos aspectos por analizar como son:

- Implementación de levitación magnética en los discos del aerogenerador para suavizar el par de arranque.
- Adecuación del freno dinámico en el rotor del generador como protección del equipo en zonas de vientos críticos.
- Desarrollo de controladores de potencia para mejorar la calidad de energía suministrada mediante el aerogenerador presentado.
- Interconexión del proyecto a la red de suministro comercial de energía y a cargas menores a 20 kw

Referencias

J.C. Antezana, "Diseño y Construcción de un Prototipo de Generador Eólico de Eje Vertical". Tesis, Departamento de Ingeniería Eléctrica. Universidad de Chile, 2004.

A.Pinedo et al. "Modelo teórico de los sistemas de generación eléctrica para las turbinas eólicas de eje vertical". Investigación de física. Universidad Nacional de Trujillo Perú, 2007.

A. Abarazua, "Aspectos de Diseño de Generadores Síncronos de flujo axial para aplicación de aerogeneradores". Tesis, Departamento de Ingeniería Eléctrica. Universidad de Chile, 2012.

R. Wallace et al. "Diseño de un generador de flujo axial con imanes permanentes para aplicaciones eólicas. Revista Facultad de Ingeniería, enero-junio. Universidad de Tarapaca Arica, Chile, 2000.

Comisión nacional para el ahorro de energía "Generación distribuida y fuentes alternas de energía", última modificación año 2005 <http://www.conae.gob.mx>

F. Vázquez et al. "Control Multivariable: Aplicación al control de un aerogenerador. X Simposio CEA de Ingeniería de Control. Universidad de Córdoba España, 2012.

E. González et al. "Modelado y Análisis de interacción de un Generador Eólico para Control Multivariable. Universidad Autónoma de Zacatecas. Congreso Anual 2009.

J. Mejía et al. "Propuesta metodológica para el diseño de las aspas de turbinas de viento de Eje Horizontal". Instituto de Energía. Universidad Nacional de Colombia. Sede Medellín, 2005.

R. Medina. "Cálculo y diseño de la Pala (Heecamani) de un Aerogenerador". Sección de estudios de posgrado e investigación. Instituto Politécnico Nacional. México D.F., 2011.

Diseño de un desalinizador solar para las zonas costeras en el estado de Tabasco

Técnicas ambientales para la sustentabilidad

Arias-Santos N.N. *; Aguilar-May B. y Jiménez Flores L.*****

Instituto Tecnológico Superior de Villa La Venta

[nnas_050484@hotmail.com](mailto:nas_050484@hotmail.com)

Resumen

En el sur de Tabasco, la escasez de agua está tomando una importancia relevante, esta deriva principalmente a la contaminación por agua salada que presenta el agua de los pozos cerca de las zonas costeras, así como aquellas zonas rurales en donde es más presencial dicha escasez. En el presente trabajo, se exponen los resultados preliminares, de dos prototipos de desalinizador, implementando la generación de una tecnología sustentable, que permita el desarrollo de un estudio en las principales zonas que disponen de recursos de agua salada, realizando el proceso por evaporación con energía solar; tomando en consideración los materiales, las incidencias de los rayos solares y las zonas de mejor captación de estos. Se han probado hasta el momento, obteniendo valores económicos y ecológicamente compatibles con la zona. En el prototipo preliminar A está hecho a base de cristal blanco y el prototipo preliminar B está hecho de cristal ahumado, ambos con una base refractante de aluminio, se obtuvieron resultados de eficiencia de ambos desalinizadores, siendo favorables en las mediciones de los parámetros físicoquímicos, tales como oxígeno disuelto (OD), pH, sólidos suspendidos, temperatura y conductividad. Obteniendo valores de conductividad de 7.1 μS , pH 7.2, sólidos suspendidos mínimos y oxígeno disuelto de 3.56 mg/l.

Palabras clave: Desalinizador de agua de mar, evaporación, energía solar, eficiencia.

Abstract

In southern Tabasco, water shortages are taking on major importance, this derives mainly saltwater contamination posed by water from wells near coastal areas and those rural areas where it is more face this shortage. In this paper a preliminary results of two prototype maker, implementing sustainable generation technology, that allows the development of a major study sites that have salt water resources, making the evaporation process solar energy materials considering the impact of sunlight and better catchment areas of these. Have been tested so far, achieving economic and ecological values compatible with the area. In this preliminary prototype A crystal made of white and preliminary prototype B is made of smoked glass, both with a base aluminum refractive results were obtained both desalination efficiency , remain favorable in measurements of physicochemical parameters , such as dissolved oxygen (DO), pH , suspended solids, temperature and conductivity

Key words: Desalination of sea water, evaporation, solar energy efficiency.

Introducción

La escasez de agua es una de los elementos más importantes mencionados en los últimos años, si los recursos existentes comienzan a escasear por que la población aumenta, tendremos que “sembrar” sistemas para reutilizar el agua, reservas para almacenar agua de lluvia, desalinizadoras solares, y “cosechar” el agua potable que necesitamos a diario [1].

Dentro de los diversos estudios realizados en las diferentes tecnologías para la desalinización de las aguas saladas, se recopilan diferentes tecnologías que soportan la viabilidad de las alternativas para dicho proceso, a sabiendas que estas tiene su ventajas y desventajas frente a las condiciones climáticas, costos, residuos, etc. [2].

Con el crecimiento poblacional, el incremento de la demanda industrial, y la contaminación, los recursos naturales se ven afectados, y por ende, el agua requerida para las necesidades humanas se convierte en un problema básico y vital, por lo que presenta la urgencia de desarrollar tecnologías capaces de aprovechar los recursos hídricos disponibles, considerando obtener agua de calidad a bajo costos y con el menor uso de energía fósil, lo que representaría un bajo impacto ambiental. Dados los altos índices de contaminación de ríos, embalses y aguas subterráneas, se presenta una opción importante: la desalinización del agua de mar para obtener agua consumible.

Marco teórico

Los procesos de desalinización son muy diversos (Tabla 1); encontrándose desde la osmosis inversa, electrodiálisis, destilación multi-efecto, evaporación multi-etapa, destilación con celdas solares e intercambiadores de calor, entre otros [2]. Sin embargo, el consumo energético, los costos e impactos ambientales que cada proceso desalinizador genera son muy variados (Tabla 2).

Tecnología	Capacidad instalada (m³ d⁻¹)	Distribución porcentual
Evaporación Multi-etapas Flash (MSF)	10 020 672	44.2%
Osmosis Inversa (OI)	8 986 209	39.6%

Electrodialisis (ED)	1 262 929	5.6%
Destilación Multi-Efecto (MED)	912 387	4.1%
Compresión de Vapor (CV)	971 792	4.3%
Destilación Solar	501 043	2.2%
Congelación	210	0.0%
Total	22 674 242	

Fuente: Veza, 2002

Tabla 1. Capacidad instalada de las distintas tecnologías utilizadas en la desalinización.

Tomando como referencia el trabajo realizado en Venezuela en el Proyecto LOCTI, año 2007, desarrollado para solucionar los problemas de comunidades aisladas, empezando con las comunidades de pescadores que trabajan cerca del Cayo Dos Mosquises en el Parque Nacional de los Roques, donde se construyó un prototipo que pudiera destilar 25 L (6,6 galones) de agua potable al día [3]

INDICADORES	Consumo de energía fósil	Costos unitarios	Tendencia mundiales	Fuentes de energía
Procesos				
Osmosis inversa	De 2 a 2.8 Kwh m ⁻³	0.60 USD m ⁻³	Crecimiento	Eléctrica
Electrodialisis	De 16 a 19 Kwh m ⁻³	58 USD m ⁻³	Estático	Eléctrica
Destilación Multi-efecto MED	De 3.4 a 4 Kwh m ⁻³	1.5 USD m ⁻³	Decreciente	Eléctrica Calorífica
Evaporación Multi-etapas Flash MSF	De 5 a 8Kwh m ⁻³	1.10 USD m ⁻³	Decreciente	Eléctrica Calorífica
Destilación* por energía solar	- - -	28 USD m ⁻³	Estático- Creciente	Energía solar

*Se opera a bajas escalas de producción y en climas favorecedores. Fuente: Lechuga, 2007

Tabla 2. Indicadores relevantes en diferentes procesos para la desalinización de agua de mar. Así como el realizado en Chile donde se diseñó, modeló y simuló un Desalinizador solar de múltiples efectos que trabaje a alta temperatura, orientado a satisfacer las necesidades de agua de comunidades de pescadores artesanales aisladas en el norte de Chile. Dicho equipo funciona con una bandeja de doble fondo y cinco bandejas principales (cinco efectos), que actúan como evaporador y condensador a la vez. La energía es suministrada a través de un colector solar conectado a un intercambiador de calor ubicado en la bandeja de doble fondo [4].

Materiales y métodos

Desalinización a través de energía solar directa

El destilador solar que se diseña para la implementación de los prototipos es un sistema basado completamente en la utilización de la luz solar directa, con apoyo de materiales refractantes que le permitan realizar mediante la evaporación la separación de las sales. Parte de este proceso es la condensación de agua contenida dentro del recipiente, con lo que se obtiene agua dulce, representando así en pequeña escala el fenómeno natural de lluvia.

Diseño general de ambos prototipo

El diseño establecido es de acuerdo a lo requerido en las diversas posiciones del sol, y procurando la eficiencia de este en mayor ajuste a las necesidades del abastecimiento, así como de seguridad.

Ambos están hechos de cristal, contando con una zona de recepción del agua de 9 L de agua salada, una canaleta de recolección, una salida, base de aluminio refractante y un techo inclinado que ayude a la rápida recolección de lo condensado.

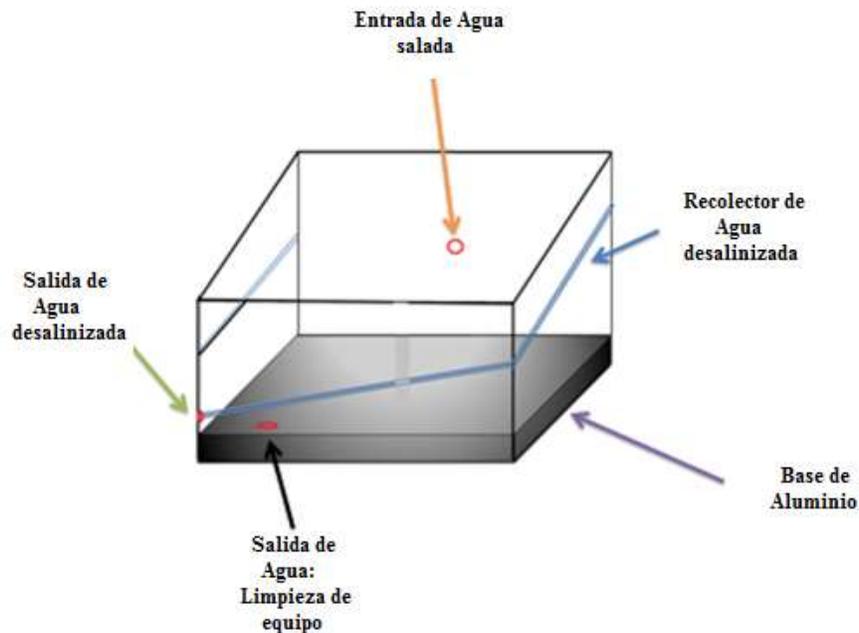


Figura 1. Diseño general del desalinizador

Funcionamiento de los desalinizadores solares directos

El agua se colocó en la parte de recepción del líquido, en la parte superior se instaló la tapa inclinada en un Angulo de 40°, que permite la fácil recolección del agua hacia las canaletas, se selló completamente de manera que se evitó la pérdida de calor por fuga. Alcanzando temperaturas de hasta 70 °C, permitiendo la evaporación del agua salada. El vapor obtenido se condensa al entrar en contacto con la cara interior de la cubierta y forma pequeñas gotas de agua destilada que se deslizan.

Dentro de las características que definen al primer prototipo A, son los materiales a base de cristal blanco transparente de los cuales se hizo, contando con una base cubierta de aluminio, en una dimensiones generales de 70 cm de largo, 40 cm de ancho, con una altura de 45 cm y un declive de 20 cm, con un cristal de 6 mm de espesor. El segundo prototipo B cuenta con las mismas medidas, pero está hecho a base de un cristal ahumado oscuro, ambos colocados en un área completamente despejada en la que los rayos solares puedan penetrar en cualquier ángulo en el que el prototipo se encontrase.

Ambos prototipos se les realizaron análisis de Conductividad, pH, Temperatura, OD y Sólidos Suspendidos para conocer sus rangos y hacer una comparación en funcionalidad.

Resultados

Dentro de los resultados obtenidos en los análisis realizados en laboratorio se obtuvieron:

Prototipo	Ingresado/recuperado
Cristal transparente	6 L/ 3L
Cristal ahumando	6 L/ 2.2 L

Tabla 3. Recuperado en litros de agua salada

Dentro de los litros recuperados se observa la eficacia por litro de prototipo claro ante el ahumado, esto denotándose claramente por una diferencia de 800 mL, se contempla que por la absorción de la luz se genera una pérdida de influencia en el paso de la luz para llegar a la placa de aluminio refractante del fondo de los prototipos. (Tabla 3).

La mediciones realizadas en el prototipo A, para demostrar la eficacia del diseño se realizó en el a base de cristal claro. Obteniéndose resultados favorable en comparativa con agua potable obtenida del servicio municipal de La Villa La Venta, Tab. (Tabla 4).

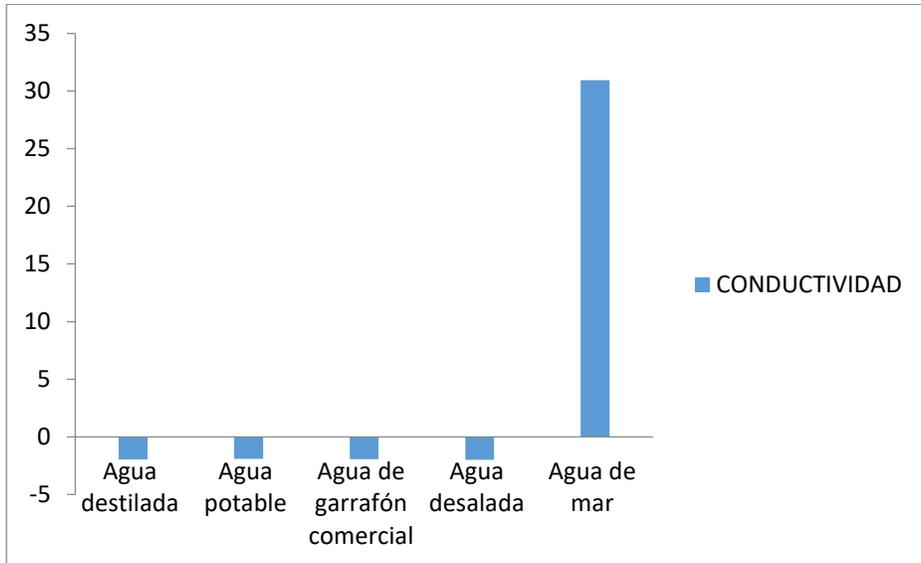
PARAMETROS	AGUA POTABLE	AGUA DESALINIZADA
OXIGENO DISUELTO	3.29 ml/L	3.56ml/L
PH	7.2	7.2
SOLIDOS SUSPENDIDOS	0.1	0.1
TEMPERATURA	26.5°C	26°C
CONDUCTIVIDAD	0.21mS	0.71mS

Tabla 4.- Comparación del agua potable y agua desalinizada

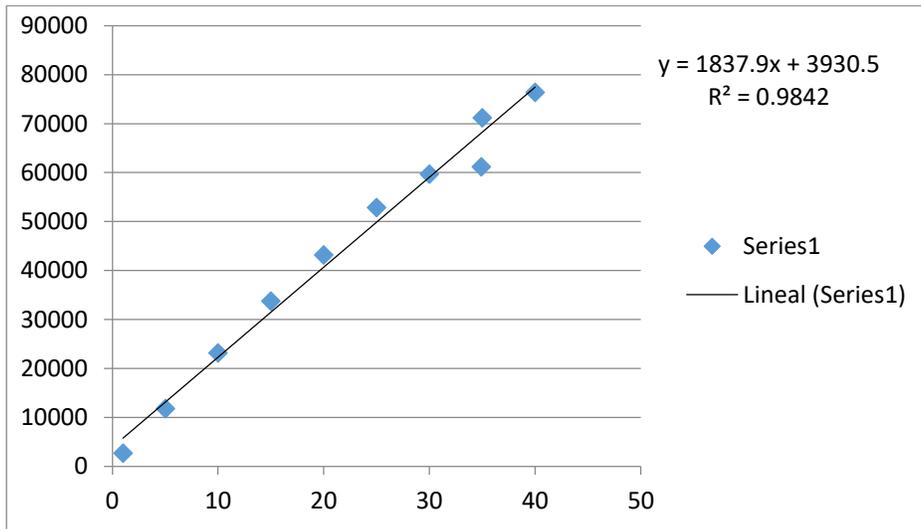
Para el parámetro de salinidad presente en las muestras colectadas, se optó por la medición de la conductividad eléctrica, no teniendo al alcance el equipo específico para determinarla. (Tabla 5).

MUESTRA DE AGUA	CONDUCTIVIDAD
AGUA DESTILADA	-1.98336742
AGUA POTABLE	-1.9037033
AGUA DE GARRAFON COMERCIAL	-1.94030574
AGUA DESALADA	-1.98675853
AGUA DE MAR	30.9480568

Tabla 5.- Salinidad obtenida en varias muestras



Grafica 1.- Comparativa de conductividad de los diferentes tipos de agua



Grafica 2.- Curva de calibración de la salinidad del agua desalinizada

Verificando la eficacia del prototipo A se emplea a la par el prototipo B con nueva muestra y respectiva limpieza del prototipo A. obteniéndose resultados medibles fisicoquímicos comparables entre sí. (Tabla 6)

PARAMETROS	AGUA DE MAR	AGUA DEL DESALINIZADOR DE CRISTAL CLARO	AGUA DEL DESALINIZADOR DEL CRISTAL AHUMADO OSCURO
PH	8.13	6.5	6
T°	26.5°C	26.6°C	27.6°C
CONDUC	58.4mS	0.21ms	0.90mS
O D	6.78 ml/L	5.68 ml/L	5.43 ml/L

Tabla 6.- Comparación del agua de mar y los desalinizadores según el color del cristal

Discusiones

En base a los resultado obtenidos, se concluye que los equipos de desalinización solar no son empleados para la producción de grandes volúmenes de agua, esto de acuerdo a dos factores que afectaron el estudio durante su realización, el primero es el tiempo de evaporación, para llevar a cabo el proceso completo se requerían días completos, así como la incidencia del sol y las estaciones del año en las cuales se realiza la desalinización; los días nublados, de lluvia o las noches no permiten su utilización.

Por lo que es una alternativa viable, si se adicionara a este una fuente de energía que ejerciera una influencia calorífica importante en la aceleración de la evaporación, tales como celdas solares o resistencias. Siendo de gran apoyo dentro de pequeños núcleos familiares con baja demanda diaria de este líquido. Otro factor son los materiales con los que se construye el desalinizador es de relevante importancia, aunque con ambos se obtuvieron resultados positivos, fue más eficiente en tiempo el del prototipo A hecho de cristal claro, así como la deshidratación de la sal fue más predominante en este. Obteniéndose cristales más uniformes.

En cuestión de costos el prototipo A es más económico y factible de conseguir en materiales, comparados con los del prototipo B. Siendo importante su mención, puesto que se propone para comunidades escasas de recursos. Como apoyo de un desarrollo sustentable y abastecimiento de agua.

Agradecimientos

A Genny Griselda Borges Lara por su colaboración y apoyo en este trabajo, y al Instituto Tecnológico Superior de Villa La Venta, por el apoyo dentro de sus instalaciones para la realización del proyecto.

Referencias

Trieb, Franz (2007) "Energía Solar Térmica de Concentración para la Desalinización de Agua Marina" German

Aerospace Center (DLR), Institute of Technical Thermodynamics
Section Systems Analysis and Technology Assessment <http://www.dlr.de/tt/aqua-csp>

Lechuga, Rodríguez, Lloveras (2007) "Análisis de los procesos de desalinización de agua de mar aplicando la inteligencia competitiva y tecnológica" ingeniería revista académica, año/vol. 11, numero 003 Universidad Autónoma de Yucatán, Mérida, México. Pp. 5-14

.González Acuña (2011) "La innovación Energética". Instituto de Energía de la Universidad Simón Bolívar Cámara de Comercio e Industria Venezolano.

Olavarría Baeza (2009) "Planta Desalinizadora Solar-Térmica" Generación de energías alternativas, Universidad Técnica Federico Santa María.

Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (1997). "Estado del Arte de la Desalinización del Agua".

Innovación en un panel solar de alto rendimiento

Valles Chávez A. Doctor, Lozano Valtierra E.J., Alcantar Olguin R. Ingeniero

Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez

avalles@itcj.edu.mx

Resumen

Esta investigación es sobre un proceso de producción de paneles solares donde se aplicó la metodología de manufactura esbelta para reducir los desperdicios del proceso con la finalidad de reducir costos que es una parte fundamental para la mejora de nuestro proceso creando la mejora continua en cada parte de nuestro proceso. La innovación desarrollada fue un proceso de producción de paneles solares usando materiales renovables y sustentables para el medio ambiente, esto a su vez reducen los costes de producción haciéndolos más accesibles para la comunidad en general y al sector público. Como una segunda innovación fue la elaboración de un escantillón para así evitar movimientos innecesarios en el ensamble del panel solar.

La aplicación de los paneles solares se puede usar en cualquier aparato eléctrico, las pruebas que se han llevado han sido en la iluminación de áreas del instituto, así como la alimentación eléctrica en una maquina CNC.

Palabras clave: Celda Solar, Energía Sustentable, Manufactura Esbelta

Abstract

This research is about a process of production of solar panels which were applied lean manufacturing methodology to reduce waste in the process in order to reduce costs is a key part of our process improvement creating continuous improvement in every part of our process. The innovation developed was a process of solar panel production using renewable and sustainable materials to the environment, which in turn reduce production costs making them more accessible to the wider community and the public sector. As a second innovation was the creation of a fixture to avoid unnecessary movement in the assembly of the solar panels. The application of solar panels can be used in any electrical devices; the tests have been carried in the school area lighting and power on a CNC machine.

Key words: Cell Solar, Sustainable Energy, Lean Manufacturing

1.- Introducción

La energía solar ha cobrado una importancia trascendental en las últimas décadas a nivel mundial. Los diversos acontecimientos a lo largo del planeta, tales como el calentamiento global, la contaminación, escasez de recursos no renovables, la gran demanda energética en los últimos años, o simplemente aquellos lugares que no poseen suministro eléctrico, ya sean por razones geográficas o por elevados costos de instalación, motivan a miles de personas y entidades empresariales por la búsqueda de alternativas energéticas limpias y eficientes tales como la energía eólica, biocombustibles y energía solar. Esta última se utiliza para generar energía térmica o eléctrica, pero el costo es relativamente alto al momento de satisfacer demandas eléctricas con paneles solares, productos de varios factores entre los cuales destacamos el elevado precio del panel solar fotovoltaico.

“Proveer energía adecuada, asequible es esencial para erradicar la pobreza, mejorar el bienestar humano y elevar los estándares de vida en el mundo entero”.

“México cuenta con condiciones geográficas muy favorables para generar gran parte de la energía que consume a partir del sol, sin embargo el apoyo gubernamental para detonar esta fuente de energía es prácticamente inexistente. Enfrentar el cambio climático de forma exitosa no se logra sólo participando en foros internacionales sino diseñando una política energética que priorice el impulso de la energía solar y esté acorde con la necesidad de reducir emisiones de carbono”, comentó Gustavo Ampugnani, director de campañas de Greenpeace México.

Sánchez (2011), “Los paneles solares parten de una fuente de energía que para nosotros va a resultar inacabable: la energía que emite el sol, y de la que nos llega una cantidad tal, que si toda ella pudiera ser aprovechada, bastaría media hora de un día para satisfacer la demanda energética mundial durante todo un año.”

Los dispositivos fotovoltaicos, o células, se utilizan para convertir la radiación solar directamente en electricidad. Las células fotovoltaicas están hechas de diferentes semiconductores, que son materiales que son sólo moderadamente buenos conductores de la electricidad. Los materiales más comúnmente utilizados son el silicio (Si) y compuestos de sulfuro de cadmio (CdS), sulfuro cuproso (Cu₂S), y arseniuro de galio (GaAs). Estas células se empaquetan en módulos que producen un voltaje y corriente específicos cuando se los ilumina con la luz del sol. Los módulos fotovoltaicos se pueden conectar tanto en serie como en paralelo para producir grandes voltajes o corrientes. Los sistemas fotovoltaicos dependen de la luz del sol, no tienen partes móviles, son modulares para satisfacer los requisitos de energía en cualquier escala, son fiables y tienen una larga vida.

2.- Metodología

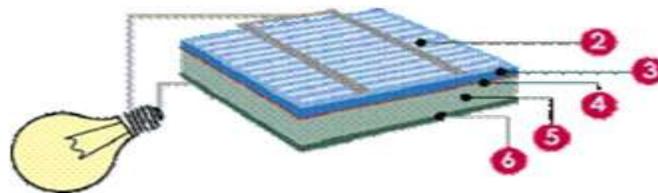
A continuación se describe la metodología que se llevó a cabo para la fabricación de panel solar.

Definición de los Componentes de una Instalación Fotovoltaica.

Lo primero fue definir los componentes de una instalación fotovoltaica y se basó en la tesis “Análisis, Diseño y Construcción de un seguidor solar para celdas fotovoltaicas” Figueroa (2010), los componentes esenciales de una instalación fotovoltaica son: Panel solar

fotovoltaico: Es el componente esencial en una instalación de este tipo, gracias al principio fotovoltaico, convierte la energía solar en energía eléctrica.

Sistema de carga de batería y regulador de voltaje: Es el elemento que regula la inyección de corriente desde los paneles hasta la batería. El regulador interrumpe el paso de energía cuando la batería se encuentra totalmente cargada evitando así los negativos efectos derivados de una sobrecarga. En todo momento el regulador controla el estado de carga de la batería para permitir el paso de energía eléctrica proveniente de los paneles cuando esta empieza a bajar. Banco de baterías: Almacena la energía de los paneles para los momentos en que no hay sol, o para los momentos en que las características de la energía proporcionada por los paneles no es suficiente o adecuada para satisfacer la demanda. La naturaleza de la radiación solar es variable a lo largo del día y del año, la batería es el elemento que solventa este problema ofreciendo una disponibilidad de energía de manera uniforme durante todo el año. Inversores: Es el elemento que transforma las características de la corriente directa a alterna. La mayoría de los aparatos eléctricos funcionan con corriente alterna y tanto los paneles como las baterías suministran energía eléctrica en forma de corriente directa. Es por ello que se hace necesario este elemento que modifique la naturaleza de la corriente y la haga apta para su consumo por muchos aparatos.



1.- Luz (fotones), 2.- Contacto frontal, 3.- Capa negativa, 4.- Capa de desviación, 5.- Capa positiva, 6.- Contacto posterior.

Figura 1. Estructura de un panel solar

Especificaciones del Producto

El panel solar fotovoltaico fabricado en el Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez consta de 36 celdas solares fotovoltaicas. Cada celda solar tiene 4.44 watts, 0.5 V y 7.56 A. Cada celda solar mide 0.156m x 0.156m. Esto nos da un panel fotovoltaico de 160 wp, con un amperaje de 7 y un voltaje de 21. El panel mide 1.68m x 0.63m. Las celdas solares se soldaron en serie para obtener la suma del voltaje. La unión del panel solar consta de 4 filas de 9 celdas solares cada fila unidas con tiras de estaño soldando polo negativo con polo positivo. El panel solar está conformado con papel EVA por la parte superior e inferior del panel y contara con una tela tedlar por la parte inferior debajo del EVA, para así garantizar una mayor durabilidad, bajo el tedlar viene una caja de conexiones. El panel está protegido con un vidrio templado en la parte superior con un marco de aluminio anodizado. Este panel solar fotovoltaico enciende aparatos electrónicos de uso convencional e industrial. La caja de conexiones tiene terminales de salida positivo y negativo que son conectados a un regulador de carga, este regula la inyección de corriente del panel hacia la batería. En las baterías, se almacena la cantidad de energía recibida por el panel solar. El inversor se conecta a la batería para convertir la energía directa en energía alterna, luego se conecta un tomacorriente al inversor para así poder producir la energía eléctrica.

Componentes para la conexión de Panel Solar

A continuación se muestra el producto para un mejor entendimiento de la investigación en la conexión. Panel o Módulo Solar Fotovoltaico

Componente encargado de transformar la luz en energía eléctrica.



Figura 2. Esquema de Distribución

Diagrama de Flujo de la Elaboración de un Panel o Módulo Solar

La figura 3 muestra el diagrama de flujo en donde se describen las actividades generales del proceso de elaboración de un panel o módulo solar que se llevó a cabo en el Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez:

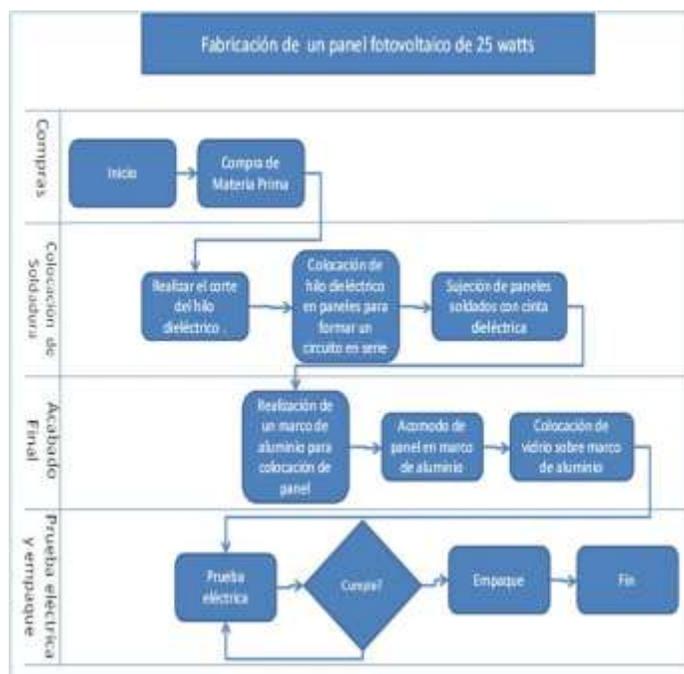


Figura 3.- Diagrama de flujo de la elaboración de un panel o módulo solar

Estantería a Utilizada

Se diseñó la estantería necesaria para la fabricación de las celdas, de acuerdo a las especificaciones de las mismas y sus dimensiones. Se utilizara una mesa de 3m x 1.15m para el soldado de las celdas y otra mesa de 3m x 2m para unir cristal con mica y panel. Se utilizara una base de metal con calentador de agua para la limpieza de las celdas y dos succionadores con válvula de vacío para el proceso.

Diseño de Escantillón

Se diseñará escantillones que servirán para acomodar las celdas solares, evitando que estas se muevan de lugar para facilitar la unión de las mismas durante el soldado.

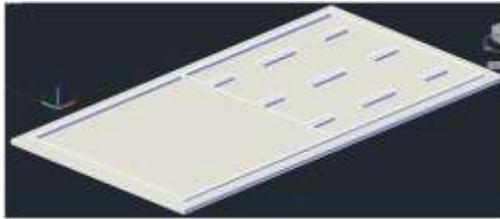


Figura 4. Escantillón 1: 33.84 cm de largo por 18 cm de ancho.

Lista de Materiales: La lista de materiales se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 1. Lista de Materiales

Lista de Materiales
- Celdas solares policristalinas
- Tiras de estaño
- Papel EVA
-Tela tedlar
- Cautín Weller
- Diodo
- Inversor 200 W
- Multímetro
- Pluma flux
-Escantillones
- Batería
- Soldadura
-Vidrio templado
- Silicón
- Guantes
- Marco de aluminio anodizado
- Caja de conexiones
- Controlador de carga de 10 A

Diseño de Método de Fabricación

1. Cortar tiras de estaño.



Figura 5. Paso de corte de tiras de estaño.

2. Poner celda en escantillón 1
3. Soldar tiras de estaño a celda solar (x36)



Figura 6. Paso de soldado.

4. Colocar celda en soporte de limpieza (x9)
5. Sumergir soporte de limpieza en agua destilada a 60 grados centígrados
6. Secar celdas
7. Colocar 9 celdas en escantillón 2 acomodándolas boca abajo
8. Unir celdas soldando las tiras de estaño de cada celda con la otra celda



Figura 7. Unión de celdas

9. Mover tiras de celdas solares con succionador de 9 chupones a escantillón de 3 (x4)
10. Soldar tira gruesa de estaño con tiras de celdas solares en polos positivo y negativo



Figura 8. Soldado final

11. Colocar vidrio en mesa
12. Colocar papel EVA sobre vidrio
13. Mover 36 celdas soldadas con succionador a papel EVA
14. Colocar papel EVA encima de las celdas
15. Colocar tela tedlar encima del papel EVA
16. Tomar panel y ponerlo en horno
17. Cocinar panel a 80 grados centígrados durante 15 min.
18. Sacar panel de horno y ponerlo en mesa de trabajo
19. Colocar caja de conexiones del lado inferior del panel la cual se muestra en la siguiente figura.



Figura 9. Panel solar con conexiones.

20. Insertar marco a panel.

3.- Resultados

En la siguiente figura se muestra una de los resultados en la generación eléctrica a través del panel solar elaborado en el Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez presentado en el evento de Innovación y Creatividad donde enciende una lámpara LED de 4.5 w.



Figura 10. Panel solar con conexiones.

El segundo resultado fue probarlo en una maquina CNC la cual se muestra en las siguientes figuras así como la descripción de la máquina.

Descripción de Motor eléctrico maquina CNC fresado, MARCA Baldor tipo industrial. 90 V, 9.7 A, Potencia 1hp

La máquina se compone de Motor Eléctrico, 6 Limit switch honeywell, 1 pc, teclado y monitor, Controlador gecko, 3 servo motores de paso, 1 fuente de 20^a. La alimentación es de 120v.



Figura 11. Maquina CNC y su motor.

4.- Referencias

Sánchez M. A. (2011). Energía Solar Fotovoltaica. México: Ed. Limusa.

Morales A. (1996). La Electricidad que viene del Sol: Una Fuente de Energía Limpia. México: Ed. Iberoamérica.

Figueroa, Fernández, A. E. (2012). Análisis, Diseño y Construcción de un seguidor solar para celdas fotovoltaicas. (Tesis inédita de licenciatura). Universidad Mayor, Santiago de Chile.

Determinación del coeficiente y calidad de aserrío en la unidad especializada de aprovechamiento forestal comunal de Santa Cruz Itundujia, Putla, Oaxaca.

Martínez Santiago Daniel¹; Ortiz Barrios Rosalino²; Vázquez Rabanales Dany Eduardo¹; Santiago Juárez Waldo¹.

¹Docente del Instituto Tecnológico Superior de San Miguel El Grande, San Miguel el Grande, Tlaxiaco, Oaxaca., 71140. México.

²Tesista de Ingeniería Forestal con Especialidad en Conservación y Restauración de Ecosistemas Forestales.

divisionforestal.itsmigra@gmail.com

Resumen

El objetivo del presente estudio fue conocer el coeficiente de aprovechamiento y calidad dimensional de la madera aserrada del género *Pinus* en la Unidad Especializada de Aprovechamiento Forestal Comunal de Santa Cruz Itundujia. Para este estudio se utilizaron 101 trozas que correspondían al 63.37 y 58.35 m³ con corteza y sin corteza respectivamente, mismas que al ser procesadas representaron el 30.12 m³ de madera aserrada. El coeficiente de aprovechamiento promedio fue de 44.18% con corteza y 48.27% sin corteza. El estudio de tiempos y movimientos mostró que la sierra principal obtiene un tiempo de trabajo del 70.63%, la canteadora el 54.21% y la despuntadora el 26.02%. Los resultados mostraron que el rendimiento en madera aserrada es afectado por el diámetro y conicidad de las trozas; a mayor diámetro mayor rendimiento y a menor conicidad presenta mayor rendimiento.

Palabras clave: Coeficiente de aprovechamiento, calidad dimensional, conicidad, Rendimiento.

Abstract

The operations to know the coefficient of progress and dimensional quality of the sawed wood were studied during the transformation of the pieces of wood in the kind *Pinus* in the specialized unit of forest progress in Santa Cruz Itundujia. It was located a total of 101 pieces of wood with the Samalian formula, they with varied diametric with a length of 8' (2.63m), obtaining a volume of 63.37 and 58.35 m³ with and without bark. When the pieces of wood were processed they generated 1875 planks with 3/4'' of thickness; the production was evaluated in third and fourth class which was located with the decimal metric system, symbolizing 30.12 m³ of sawed wood. To determine the efficiency of sawed wood, the pieces of wood were classified in groups of eight diametric categories and seven of conical shape. The study of time and movement included analysis of observations per sampling in intervals of two minutes to the three principal sections of the sawmill (saw, edge banding machine and circular saw). The coefficient of progress rate was of 44.18% with and without bark, pointing that from 1 m³r processed without bark it is obtained 216 pt of sawed Wood and to obtain 1000 pt it is required 4.62 meters m³r of Wood. The efficiency of sawed wood is affected by the diameter and cone shaped of the pieces of wood; better diameter better efficiency and lees cone shaped gives better efficiency. The study of period time and movements showed that the principal saw obtains a work time of 70.63%, the edge banding machine 54.21% and the circular saw 26.02%; these lasts numbers owe to the high percentages of waiting that register in these sections, which causes less work time. The production rate was of 0.53 m³ hr⁻¹.

Key words: Sawmill, coefficient of progress, dimensional quality, cone shaped, efficiency and sawed wood.

Antecedentes

Rodríguez (2007) en un estudio de aserrío y secado de la madera de *Quercus sideroxylla* encontró un rendimiento volumétrico por ancho nominal, donde el de 8" sobresale con el 18.4%, mientras que los anchos nominales de 4" y 12" sólo representan el 7.6 y 7.9%. Galindo (2011) determinó el coeficiente de aprovechamiento de tres especies de encino en un aserradero portátil, obteniendo que el 43% fue con la sierra bimetálica y 38.98 % con la sierra testigo. Nájera *et al.* (2011) en un estudio de tiempos y rendimientos del aserrío para 412 trozas de pino encontraron que el rendimiento en madera aserrada es afectado por el diámetro, largo y conicidad de las trozas. Con base en el estudio de coeficiente de aprovechamiento y calidad dimensional, es posible recomendar la combinación apropiada de parámetros para el adecuado proceso de la madera en rollo.

Justificación

Los resultados obtenidos en este estudio constituyen una gran ventaja para el aserradero comunal de Santa Cruz Itundujia, Putla, Oaxaca, ya que se generaron factores de conversión de madera en rollo a madera aserrada, efecto de la conicidad en el rendimiento, calidad de aserrío en la trocería y se observó mediante el estudio de tiempos y movimientos el tiempo de trabajo de las tres secciones principales del aserradero (Sierra principal, canteadora y despuntadora). Esto permitirá tener un mayor aprovechamiento de este recurso y mejorar las condiciones de trabajo ya que desafortunadamente la materia prima no se aprovecha adecuadamente.

Objetivo

Determinar el coeficiente de aprovechamiento y evaluar la calidad de aserrío, en términos de la variación del espesor de las tablas en la Unidad Especializada de Aprovechamiento Forestal Comunal (UEAFC) de Santa Cruz Itundujia, Putla, Oaxaca.

Materiales y métodos

Este trabajo fue realizado con datos obtenidos del aserradero de la Unidad Especializada de Aprovechamiento Forestal Comunal de Santa Cruz Itundujia. La muestra se integró por 101 trozas tomadas al azar del patio de trocería del área de estudio. Para la determinación del coeficiente y calidad de aserrío, se estimó el volumen de la madera en rollo empleando la fórmula de Smalian (Rodríguez 2007).

$$V = \frac{S_0 + S_1}{2} * L \quad (1)$$

Donde: V = Volumen en m³, S₀= Área de la sección mayor (m²), S₁= Área de la sección menor (m²), L= Longitud (m).

Se cubico la madera aserrada por troza, posteriormente cada tabla fue medida al milímetro para conocer su volumen real mediante la expresión sugerida por (Romahn *et al.*, 1987).

$$V = G * A * L \quad (2)$$

Donde: V = Volumen de la tabla en m³, G= Grueso (m), A= Ancho (m), L= Longitud (m).

Una vez calculado el volumen de la madera aserrada se determinó el coeficiente de aprovechamiento en porcentaje, con ayuda de la siguiente fórmula (Nájera *et al.*, 2006):

$$CA = \frac{VMA}{VMR} * 100 \quad (3)$$

Donde: CA = coeficiente de aserrío, VMA = volumen de madera aserrada (m³), VMR = volumen de madera en rollo (m³).

Para evaluar el efecto de conicidad sobre el rendimiento, se agruparon las trozas por categoría de conicidad. Para su determinación se utilizó la siguiente relación propuesta por (Scanavaca y García, 2003).

$$C = \frac{DM - Dm}{L} \quad (9)$$

Donde: C = Conicidad de la troza (cm/m), DM = Diámetro mayor sin corteza (cm), Dm = Diámetro menor sin corteza (cm), L = Largo de la troza (m).

Para evaluar la calidad del aserrío de la trocería, se analizó la variación en espesor de una muestra de 100 tablas producidas durante una jornada normal de trabajo, tomando 1 tabla al azar por cada troza aserrada. Así mismo se utilizó el método de medición de Puntos Múltiples sugerido por Brown (2000), y empleado por Rodríguez (2006) y Nájera *et al.* (2012) con la finalidad de determinar la variación en espesor de las tablas y detectar el origen de las fallas y sus posibles correcciones (Figura 1).

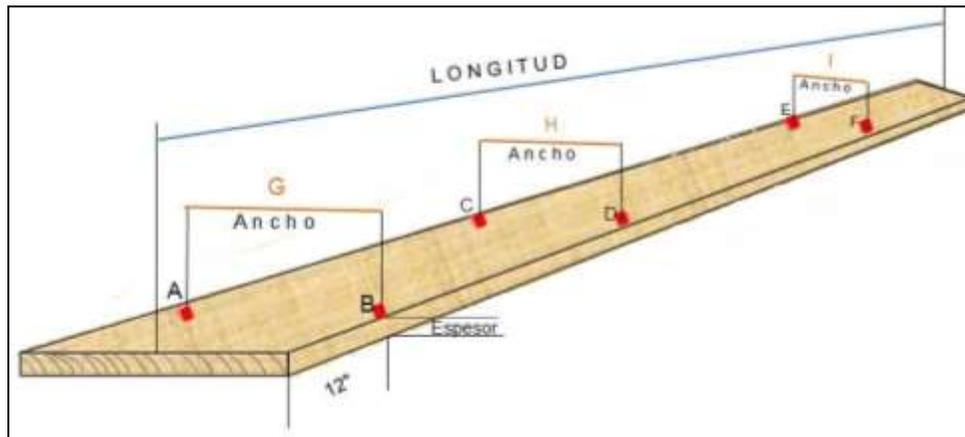


Figura 1. Medición de las tablas por el método de Puntos Múltiples

En el estudio de tiempos y movimientos se trabajó con las secciones principales del aserradero (Sierra principal, Desorilladora y Despuntadora), estableciendo el método de muestreo sistemático. Estadísticamente se tomó como base realizar como mínimo 300 observaciones de acuerdo a lo expuesto por (Chávez y Guillén, 1997).

Resultados y discusión

Coeficiente de aprovechamiento

Se aserró un volumen total de 63.37 m³r con corteza equivalentes a 58.35 m³r sin corteza, de los cuales se obtuvo un volumen en tablas aserradas de 30.12 m³ representando un

rendimiento total (coeficiente de aprovechamiento) del 44.18% considerando un volumen con corteza y 48.27% sin corteza; es decir sin la influencia de la corteza el rendimiento aumenta un 4.08% en volumen de madera aserrada (Cuadro 1).

Cuadro 1. Características descriptivas en el aserrío de pino

Variable	Trozos (n)	Media	Desv. Std.	Total	Máximo	Mínimo
Características de las trozas aserradas						
DM con corteza (m)		55.51	16.48	--	104	21.75
DM sin corteza (m)		52.89	15.9	--	98	21
Dm con corteza (m)	101	49.69	15.39	--	94.5	21.65
Dm sin corteza (m)		47.83	15.52	--	92	20.5
L (m)		263.45	3.75	--	274	254
Vcc (m ³ r)		0.6274	0.375	63.37	2.082	0.0968
Vsc (m ³ r)		0.5777	0.3586	58.35	1.88	0.0886
Productos obtenidos del aserrío						
Tablas generadas (n)		18.66	12.45	1885	63	1
Vol de tablas (m ³)	101	0.30	0.22	30.32	1.062	0.0073
Indicadores de productividad en la operación de aserrío						
Rcc (%)		44.18	15.72	--	66.77	2.90
Rsc (%)	101	48.27	16.96	--	72.75	3.19

Donde: n= número de trozas; DM= diámetro mayor; Dm= diámetro menor; L= longitud; Vcc= volumen con corteza; Vsc= volumen sin corteza; Vol= volumen; Rcc= Rendimiento con corteza (%); Rsc= Rendimiento sin corteza (%).

EL cuadro 2. Muestra diferencias significativas entre el rendimiento con corteza por categorías de conicidad, como podemos observar la categoría de conicidad de 0 a 1, 1.1 a 2 y 3.1 a 4 estadísticamente tienen el mismo rendimiento con corteza, seguido por la categoría de 2.1 a 3, 4.1 a 5, 6.1 a 7 y finalmente la categoría de 5.1-6 fue la que estadísticamente y en valores absolutos obtuvo menor rendimiento.

Para el rendimiento sin corteza por categorías de conicidad se concluye que las categorías de 0 a 2 y 3.1 a 4 estadísticamente tiene el mismo rendimiento, mientras que las categorías de 2.1 a 3, 4.1 a 5 y 6.1 a 7 tienen el mismo rendimiento, y la categoría de 5.1 a 6 es el que tiene menos rendimiento.

Cuadro 2. Rendimiento por categoría de conicidad de las trozas

Variable	Categoría de conicidad de trozas (cm/m)						
	0-1	1.1-2	2.1-3	3.1-4	4.1-5	5.1-6	6.1-7
Características de las trozas aserradas							
Diámetro mayor sin corteza (m)	0.906	0.625	0.908	0.70	0.747	0.44	0.702

Diámetro menor sin corteza (m)	0.205	0.247	0.217	0.28	0.265	0.38	0.60
Largo de la troza (m)	2.63	2.63	2.62	2.61	2.66	2.72	2.68
Volumen total con corteza (m ³ r)	20.22	16.88	13.82	4.00	5.18	0.67	2.57
Volumen total sin corteza (m ³ r)	18.22	15.23	12.56	3.85	4.83	0.58	2.31

Productos obtenidos del asierre

Tablas generadas (n)	659	500	402	119	123	14	58
Tablas promedio por troza (n)	21	17	17	20	15	14	29
Volumen de las tablas (m ³)	10.59	8.28	6.28	1.86	1.95	0.12	1.00
Trozadas para 1000 pies tabla (n)	8	9	9	8	10	20	5

Indicadores de productividad en la operación de aserrío*

Rendimiento con corteza (%)	49.26 a	44.66 a	41.15 ab	46.08 a	34.17 ab	18.92 b	37.72 ab
Rendimiento sin corteza (%)	53.51 a	49.53 a	45.32 ab	47.49 a	36.66 ab	21.87 b	41.92 ab

Calidad dimensional de la madera aserrada

Este trabajo reporta una desviación estándar general del proceso de 1.05 mm (Cuadro 3), lo que indica que el equipo trabaja en forma aceptable y que las correcciones al proceso se debe realizar capacitando mejor al personal encargado del manejo de la sierra principal para garantizar que las tablas aserradas se puedan ajustar al grueso de asierre establecido de asierre.

Cuadro 3. Variación de corte en el proceso de aserrío

Aserradero	Tablas	Media (mm)	Sw (mm)	Varianza de los espesores de cada tabla	Sb (mm)	St (mm)
UEAFC	100	25.99	0.78	0.61	0.69	1.05

Sw= Desviación estándar dentro de las tablas, Sb= Desviación estándar entre tablas, St= Desviación estándar del proceso

Tiempos y movimientos

La productividad, que corresponde al volumen en metros cúbicos de madera aserrados por hora, indica que en promedio se procesaron 0.53 m³h⁻¹. En base al número de observaciones se calculó que en promedio asierran 6.31 trozas a la hora y 0.18 m³ por persona por hora (Cuadro 4).

Cuadro 4. Rendimiento promedio en base a las observaciones

m ³ madera aserrada/hora	0.53
Trozadas/hora	6.31

- **Sierra principal**

El Cuadro 5. Muestra que la sierra principal de 16 horas, un 70.63% (11.30h) fue de trabajo productivo (aserrando 58.09%, volteo de troza 12.55%), y un 29.37% (4.69h) de tiempo no trabajado (reparación mantenimiento 18.72%, esperas, distracciones y conversaciones 10.65%).

Cuadro 5. Tiempo trabajado y no trabajado en la sierra principal (%)

Núm. de obser.= 470		100%		
Máquina	Tiempo trabajado en (%)		Tiempo no trabajado en (%)	
Sierra Principal	Productivo	No Productivo	Justificado	No Justificado
Aserrado	58.09			
Volteos		12.55		
Reparaciones			7.66	
Mantenimiento			11.06	
Esperas				8.94
Distracciones				1.28
Conversaciones				0.43
SUB TOTAL EN (%)	58.09	12.55	18.72	10.65

- **Desorilladora**

La desorilladora muestra que de 16 horas, un 54.21% (8.67h) fue de trabajo productivo (desorillando 47.23%, acomodo de tabla 6.98%), y un 45.80% (7.32h) de tiempo no trabajado (mantenimiento 4.52%, espera de tabla, distracciones, conversaciones y apagado 41.28%). (Cuadro 6).

Cuadro 6. Tiempo trabajado y no trabajado en la desorilladora (%)

Núm. de obser.= 487		100%		
Máquina	Tiempo trabajado en (%)		Tiempo no trabajado en (%)	
Desorilladora	Productivo	No Productivo	Justificado	No Justificado
Desorillado	47.23			
Acomodo de tablas		6.98		
Mantenimiento			4.52	
Conversación				0.21
Distracción				0.21
Espera				18.89
Apagado				21.97
SUB TOTAL EN (%)	47.23	6.98	4.52	41.28
TOTAL EN (%)	54.21		45.80	

- **Cabeceadora**

El Cuadro 7. Muestra que la despuntadora de 16 horas, un 26.02% (4.16h) fue de trabajo productivo (dimensionando), y un 73.98% (11.83h.) de tiempo no trabajado (espera, distracciones, conversaciones y apagado).

Cuadro7. Tiempo trabajado y no trabajado en la despuntadora (%)

Número de observaciones= 488		100%		
Máquina	Tiempo trabajado en (%)		Tiempo no trabajado en (%)	
Cabeceadora	Productivo	No Productivo	Justificado	No Justificado
Dimensionando	26.02			
Conversación				0.41
Distracción				0.21
Apagado				64.14
Espera				9.22
SUB TOTAL EN (%)	26.02			73.98
TOTAL EN (%)		26.02		73.98

Conclusiones

Se comprueba que el coeficiente de aprovechamiento y calidad de aserrío, en términos de la variación del espesor de las tablas en la Unidad Especializada de Aprovechamiento Forestal Comunal (UEAFC) de Santa Cruz Itundujia, Putla, Oaxaca., tiene un comportamiento diferenciado a los procesos de aserrío a los que es sometida, por tanto se deben considerar los factores de este estudio a fin de tener buenos resultados en el proceso de aserrío.

Referencias

Galindo Q., K. 2011. Variación de corte y coeficiente de aprovechamiento en madera de encino de Oaxaca. Tesis profesional. Universidad Autónoma Chapingo. División de ciencias forestales, Chapingo, Texcoco, Estado de México.54 p.

Nájera L., J.A., O.A. Aguirre C., E.J. Treviño G., J. Jiménez P., E. Jurado Y., J.J. Corral R. y B. Vargas Larreta. 2011. Tiempos y rendimientos del aserrío en la región de El Salto, Durango, México. Revista Chapingo. Serie ciencias forestales y del ambiente, vol. 17, núm. 2 pp.199-213.

Rodríguez R., I. 2007. Aserrío y secado de la madera de *Quercus sideroxylla* en El Salto, Pueblo Nuevo, Durango. Tesis de maestría. Instituto Tecnológico de El Salto. El Salto, Pueblo Nuevo, Durango. 100 p.

Calidad de semilla de palmas *Chamaedorea tepejilote* Liebm y *Chamaedorea metallica* O.F. Cook ex H. E. Moore

*Sánchez Ramírez M. L. ¹, *Dra. Campos Ángeles G. V. ², M.C.. Coello Castillo M. M³, Dr. Velasco Velasco V. A. ², Dr. Rodríguez Ortiz Gerardo²;

¹Residente de la Licenciatura en Biología, ITVO. ²Profesor-investigador de la División de Estudios de Posgrado e Investigación ITVO Nazareno Xoxocotlán, Oaxaca, México. ³SEDAFPA Oaxaca, México.

Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca

*mleonor_15@hotmail.com, giscampos@hotmail.com

Resumen

El análisis de semillas es muy importante, ya que permite prever el comportamiento de éstas durante la germinación y en algunas ocasiones asegura la producción de plántulas de calidad. En el caso del género *Chamaedorea* varias se encuentran en la NOM-059-SEMARNAT-2010, es importante preservarlas y usar técnicas no invasivas o destructivas y perpetuar la especie en especial para *Chamaedorea metallica* que carece de información. Mediante la identificación de características físicas y los factores que intervienen en la viabilidad se determina si el germoplasma carece de calidad, ya que esto influye directamente en el porcentaje de germinación. El análisis se realizó de acuerdo con la ISTA y los resultados para ambas especies fueron: *Chamaedorea tepejilote* un 90.40 % y *Chamaedorea metallica* un 76.81 % de pureza física, en semillas por kilogramo se registraron en promedio 3424 y 4739 semillas kg⁻¹, el contenido de humedad reflejo un 7.37 % y 20.03 %, para rayos X se determinó un 87% de viabilidad y un 82.4 % respectivamente en cada especie. De acuerdo con los parámetros de la ISTA, las semillas estudiadas se clasifican como de buena calidad para garantizar la viabilidad del embrión y su desarrollo adecuado durante la fase de germinación y emergencia.

Palabras clave: *Chamaedorea*, análisis, factores, parámetros, viabilidad.

Abstract

Seed test is very important since it allows predict the behavior of these during germination and sometimes ensures production quality seedlings. In the case of the genus *Chamaedorea* several are in NOM-059-SEMARNAT-2010, it is important to preserve and use noninvasive techniques or destructive and perpetuate special *Chamaedorea metallica* species lacking information. By identifying the physical characteristics and the factors involved in determining whether viability germplasm lacking in quality, since this directly influences the rate of germination. The test was performed according to the ISTA and results for both species were: *Chamaedorea tepejilote* one *metallica* *Chamaedorea* 90.40% and 76.81% purity one physical, in seeds kilogram average recorded in 3424 and 4739 seeds kg⁻¹, the content reflection moisture 20.03% and 7.37%, X-ray was determined as 87% viability and 82.4% respectively. According to

the parameters of the ISTA, seeds studied are classified as good quality to ensure the viability of the embryo and its proper development during the germination and emergence.

Key words: Chamaedorea, analysis, factors, parameters, viability.

Introducción

Chamaedorea tepejilote Liebm es una especie de amplia distribución, para México se reporta en los estados de Jalisco, Oaxaca, Tabasco, Chiapas y Veracruz. Crece en el bosque mesófilo, selva mediana perennifolia y subperennifolia, en altitudes que van de 0-1,600 m (Mendoza, 1996). En tanto *Chamaedorea metallica* O.F. Cook ex H. E. Moore está restringida a Veracruz y Oaxaca. Presentes en bosques húmedos y bosques de tierras bajas, en altitudes mayores a 600 m, (CONABIO, 2010).

Las palmas, *Chamaedorea tepejilote* y *Chamaedorea metallica*, han experimentado una desastrosa disminución de sus poblaciones en su hábitat natural, debido al incremento de las actividades antropogénicas. Esto aunado a otros factores como plagas animales, hongos, etc., han puesto en peligro dichas especies y a muchas otras de la familia Arecaceae. Esto lleva a la necesidad de generar un mayor cúmulo de conocimientos acerca de la biología de las semillas, que facilite la implementación de planes de manejo y conservación mediante el análisis de las semillas estableciendo parámetros tales como pureza física, peso por kilogramo, contenido de humedad, rayos X, entre otros. Algunas de estas estrategias aceleran el proceso y el porcentaje de germinación.

Estudiar la calidad de semilla de palmas *Chamaedorea tepejilote* Liebm y *Chamaedorea metallica* O.F. Cook ex H. E. Moore, permite establecer algunos parámetros que permitan diferenciar el germoplasma de excelente con el de nula viabilidad, ya que son importantes para fines comerciales, en comunidades rurales y urbanas.

En el presente estudio se plantearon objetivos como identificar características físicas que diferencian a las semillas viables, identificar los factores que intervienen en la viabilidad de las semillas y estimar el porcentaje de viabilidad en las semillas. La calidad de las semillas influye directamente en el porcentaje de germinación.

Materiales y métodos

Se colectaron frutos de palma *Chamaedorea tepejilote* y *Chamaedorea metallica* en el Jardín Yet'sil del Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca. Los frutos de *Chamaedorea tepejilote* se colectaron durante el mes de agosto 2012 y las de *Chamaedorea metallica* fueron colectados durante los meses de diciembre 2012 y enero 2013. El germoplasma fue depositado en contenedores de plástico y marcados con datos básicos como: nombre de la especie, fecha y lugar de colecta, código de la planta y número de semillas obtenidas por individuo.

Los frutos pasaron por un proceso de extracción de semillas divididas en dos lotes para probar dos métodos diferentes y acelerar el desprendimiento de la pulpa, posteriormente se lavaron las semillas con abundante agua y se dejaron secar bajo sombra. El análisis de las semillas se realizó en el laboratorio perteneciente a la SEDAFPA ubicada en el vivero "El Tequio". En un contenedor se realizó una mezcla homogénea, las semillas pasaron por un separador de muestras de metal con la finalidad de obtener las muestras al azar para realizar los análisis de calidad.

En el análisis de pureza se pesaron cuatro submuestras de 100 g de semillas de *Ch. tepejilote* en una balanza analítica (PIONER™-OHAUS 310 g 0.001), en el caso de *Ch. metallica* se pesaron cuatro submuestras de 50 g debido a la escasez de las semillas de esta especie, las muestras fueron analizadas con una lupa de mesa, para obtener el porcentaje de pureza de cada lote se tomó en cuenta el peso de la fracción de semilla pura entre el peso total de la muestra de trabajo por cien (ISTA, 1998).

Para obtener la cantidad de semilla por unidad de peso, se utilizó la metodología recomendada por la ISTA (1993). Se tomaron 8 submuestras de 100 semillas. Fueron pesadas en una balanza analítica (PIONER™-OHAUS de 310 g 0.001). Del total de datos, se calculó la media, la desviación estándar, el coeficiente de variación (FAO, 2012). Para determinar el contenido de humedad se tomaron dos muestras de 5 g al a azar de cada especie según las recomendaciones ISTA, cada una de las muestras fueron pesadas con una balanza analítica (PIONER™ OHAUS de 310 g 0.001) y se eliminó el agua contenida en las muestras con una estufa de secado para laboratorio (GRIEVE Lo-201C). La muestra se mantuvo a una temperatura de 60 °C durante 24 h. Se dejó enfriar por 5 minutos en un desecador para posteriormente pesarla con la balanza. Para obtener el porcentaje de contenido de humedad de las muestras de semillas se tomó en cuenta el peso original de la semillas con la diferencia del peso seco, dividido entre el peso original de la semillas multiplicado por cien (FAO, 2012). La prueba de viabilidad se realizó utilizando la técnica de rayos X, para lo que se utilizaron 10 lotes de 20 semillas de *Ch. tepejilote* cada uno y lotes de 30 semillas de *Ch. metallica* con 10 réplicas. Se utilizó el equipo de rayos X (FAXITRON X-RAY) para lo cual se prepararon: reactivo revelado y fijador reforzador. El líquido fue depositado en los contenedores del equipo de impresión de placas radiográficas (HOPEMICRO-MAX). Las semillas preparadas fueron colocadas dentro del equipo y se hicieron tomas con diferentes grados de acercamiento y potencia, se tomó en cuenta el grosor de la testa para definir los minutos de descarga de radiación; finalmente la potencia aplicada fue de 24 kilovolts (kv) con una duración de 20 segundos para una medida de testa aproximada de 28-30 mm. Después cada radiografía se analizó para detectar las semillas sanas, semillas parcialmente desarrolladas y semillas vanas, se obtuvo el porcentaje correspondiente separándolas en aquellas que presentaron daños físicos, fisiológicos y viables.

Resultados y discusión

Pureza física

Las semillas de *Chamaedorea tepejilote* presentaron un porcentaje de pureza del 90.40 %. Mientras que *Chamaedorea metallica* presentó un 76.81 %.

ISTA (1998) establece que para la prueba de pureza física se deben analizar semillas puras, materia inerte y otras semillas, en este estudio no se encontró materia inerte ya que fueron colectadas de manera manual retirándolas directamente de la planta y solo se detectaron daños mecánicos provocados por hongos e insectos.

Los valores encontrados en este estudio en *Chamaedorea tepejilote* y *Chamaedorea metallica* difieren de lo reportado por Alatorre-Cobos y Rodríguez-Trejo (2009), que señalan un 85% de pureza para la especie *Chamaedorea elegans*. Para la misma especie, Ramón *et al.* (2004) reportaron 99.81 %, llama la atención éste último valor ya que es muy alto, sin embargo el autor en cuestión no señala el método de colecta usado.

Semillas por unidad de peso

Siguiendo los procedimientos que señalan las normas de la International Seed Testing Association, se obtuvo un peso medio de semilla de 2.92 y 2.11 g para *Chamaedorea tepejilote* y *Chamaedorea metallica* respectivamente. Aunque pertenecen al mismo género y el grosor de la testa es similar, presentan diferencias mínimas en su forma y tamaño. El coeficiente de variación en *Chamaedorea tepejilote* fue de 1.71 % y *Chamaedorea metallica* de 3.45 %. Estos valores están considerados como válidos ya que de acuerdo con la ISTA (1993), el coeficiente de variación debe ser menor a 4 %.

Para *Ch. tepejilote* se registraron en promedio 3424 semillas kg⁻¹, mientras que *Ch. metallica* presentó 4739 semillas kg⁻¹. Estos resultados coinciden con lo que menciona Camilo (2008) en un estudio realizado en *Jubaea chilensis* (palma chilena), en el cual reportó 3846 semillas existiendo similitud en el tamaño de las semillas aunque sean diferentes especies de palmas. Sin embargo, difieren a los valores reportados por Alatorre-Cobos y Rodríguez-Trejo (2009), quienes señalan que el peso medio de 1000 semillas de *Chamaedorea elegans* es igual a 140 g, lo que es equivalente a 7143 semillas kg⁻¹. Ramón *et al.* (2004), registraron 6027 semillas kg⁻¹. Aun siendo la misma especie, la variabilidad en la cantidad de semillas por kilogramo depende de la forma, color, tamaño número de semillas por fruto y contenido de humedad cuando estas provienen de diferentes lugares (Khan *et al.* 2002).

Contenido de humedad

Las semillas de *Ch. tepejilote* contenía 7.37 % de humedad, este valor pudo estar influenciado porque las semillas estuvieron almacenadas durante 6 meses en condiciones ambientales. *Chamaedorea metallica* presentó 20.03 % aun cuando no fueron almacenadas y su colecta fue manual directamente de la planta madre. Al respecto Ramón *et al.* (2004), reporta para *Chamaedorea elegans* 33.21 %. Grupo mesófilo (2005) menciona que si es necesario almacenar las semillas del género *Chamaedorea* no debe ser por más de cuatro meses ya que pierden fácilmente la viabilidad debido a que éstas son consideradas recalcitrantes. Este tipo de semillas se diseminan en condiciones húmedas y metabólicamente activas (Leprince *et al.*, 1993), perdiendo rápidamente su capacidad de germinación al quedar expuestas a condiciones de baja humedad (Kermode y Finch-Savage, 2002).

Porcentaje de viabilidad

Los rayos X mostraron claramente los daños morfológicos y fisiológicos en las semillas del género *Chamaedorea*. Por medio de esta técnica no destructiva se determinó un 87% de viabilidad en *Chamaedorea tepejilote* mientras que *Chamaedorea metallica* presentó un 82.4 % con embrión y endospermo desarrollado. La técnica resultó eficaz para las dos especies estudiadas consideradas como semillas recalcitrantes.

Factores que intervienen en la viabilidad de las semillas

Algunos de los factores que influyen en la viabilidad de las semillas son: edad, grado de madurez, procesado y condiciones de almacenamiento, Cerovich y Miranda (2004) hacen referencia a factores físicos, químicos y bióticos durante el almacenamiento. En este estudio se encontró en el análisis de pureza para semillas de *Chamaedorea tepejilote* un insecto perteneciente al orden Coleóptera, principal causante en la pérdida de embrión. Hongos que afectaron al mesocarpio y endocarpio de las semillas de *Chamaedorea metallica*. Dichos insectos y hongos llegan a invadir el lote durante el almacenamiento al ambiente. Los factores encontrados coinciden con lo mencionado por Calistru *et al.* (2000), y Fonseca y Freire (2003), para semillas recalcitrantes, como *Chamaedorea tepejilote* y *Chamaedorea metallica*; los autores antes mencionado indican que en la finalización del almacenamiento en condiciones de

baja temperatura y alto nivel de humedad, son susceptibles al ataque de patógenos, principalmente de los hongos típicos de las condiciones de almacenamiento, pero también de hongos endémicos de las semillas.

Conclusiones

De acuerdo con los parámetros de la International Seed Testing Association (ISTA), las semillas de *Chamaedorea tepejilote* y *Chamaedorea metallica* estudiadas se clasifican como de buena calidad para garantizar la viabilidad del embrión y su desarrollo adecuado durante la fase de germinación y emergencia.

La infestación de insectos del orden Coleóptera y hongos microscópicos fueron los principales daños que se identificaron en las semillas.

El porcentaje de viabilidad en *Chamaedorea tepejilote* fue de 87%. Aunque en otras pruebas realizadas para determinar calidad de las semillas se mostraron favorables para esta especie, el contenido de humedad fue un indicador importante para deducir que estos habían muerto por desecación y *Chamaedorea metallica* mostró un 82.4 % de viabilidad.

Recomendaciones

Utilizar las semillas de *Ch. tepejilote* y *Ch. metallica* para la germinación antes de los cuatro meses cuando el almacenamiento del germoplasma es al ambiente dado que al perder humedad disminuye la viabilidad de las mismas.

Realizar estudios de germinación del género *Chamaedorea* para identificar factores ajenos a la calidad de las semillas que pueden afectar el proceso de germinación.

Estudiar aspectos específicos que generen información sobre especies nativas del estado de Oaxaca que están en algún estatus de riesgo según NOM-059-SEMARNAT-2010 como es el caso de *Chamaedorea metallica* que se encuentra en peligro de extinción y *Chamaedorea tepejilote* en amenaza.

Referencias

Alatorre-Cobos, J. y D. A Rodríguez-Trejo. 2009. Concentración de carbohidratos y peso fresco durante la germinación de *Chamaedorea elegans* Mart. y factores que la afectan. Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente. 15 (1): 73 -79.

Calistru, C., M McLean, N.W Pammenter and P Berjak. 2000. The effects of mycofloral infection on the viability and ultrastructure of wet-stored recalcitrant seeds of *Avicennia marina* (Forssk.) Vierh. Seed Sci. Tech. 10 (3): 341-353.

Camilo, M. C. S. 2008. Análisis proximal de semillas no comunes: palma chilena (*jubaea chilensis*), cilantro (*coriandrum sativum*), mora (*rubus glaucus*), rosa mosqueta (*rosa aff. rubiginosa*) y caracterización de su aceite. Universidad de Chile. Memoria para optar al título de Ingeniero en Alimentos. Santiago, Chile. p.19

Cerovich, M. y F Miranda. 2004. Almacenamiento de semillas: estrategia básica para la seguridad alimentaria. CENIAP HOY. Revista Digital del Centro Nacional de Investigaciones

CONABIO. 2010. Metálica (*Chamaedorea metallica*). Fichas de Especies Mexicanas. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, D.F. p. 3.

FAO, 2012. Recolección, manipuleo, almacenaje y pre-tratamiento de las semillas. <http://www.fao.org/docrep/006/Q2180S/Q2180S12.htm>. Consulta: 28- noviembre -2012.

Fonseca, S.C.L. y H.B. Freire. 2003. Sementes recalcitrantes: Problemas na pos-colheita. *Bragantia* 62(2): 297-303.

Grupo Mesófilo 2005. Curso-taller de capacitación para el manejo y comercialización de palma camedor. Ejido Monte Tinta, Municipio de Ayotzintepec, Distrito de Tuxtepec, Oaxaca. PRODERS Semarnat Oaxaca. p. 9

ISTA, 1993. International Rules for Seed Testing Rules 1993. *Seed Science & Technology*. 21. Supplement.

ISTA, 1998. ISTA Tropical and sub-tropical tree and shrub seed handbook (Poulsen K.M., Parratt, M.J. and Gosling, P.G., eds.). International Seed Testing Association (ISTA). Zurich, Switzerland.

Kermode, A. R. and W.E. Finch-Savage. 2002. Desiccation sensitivity in orthodox and recalcitrant seeds in relation to development. *In*: Black, M. y H.W. Pritchard, editors. *Desiccation and survival in plants. Drying without dying*. CABI Publishing. pp. 149-184.

Khan, M. L., P. Bhuyan and N. D. Singh. 2002. Fruit set, seed germination and seedling growth of *Mesua ferrea* (Clusiaceae) in relation to light intensity. *Journal of Tropical Forest Science*. 14: 35-48.

Leprince, O., G. A. Hendry and B. D. McKersie. 1993. The mechanism of desiccation tolerance in developing seeds. *Seed Sci. Res.* 3: 231-246.

Mendoza, A. S. 1996. Evaluación de la palma camedor como recurso forestal en la región de la Chinantla (Oaxaca), México. Tesis Licenciatura en Biología. Facultad de Ciencias UNAM. México. p. 95.

Ramón, J. V.; M. A Velázquez, M. J. Jasso. y M. M. Ángel. 2004. Efecto de tratamientos en la germinación de semillas de palma camedor (*Chamaedorea elegans* MART.). *Revista Ciencia Forestal en México*. 27 (92): 95-99.

Reforestación y rescate de especies nativas forestales en las unidades habitacionales aledañas a la ciudad industrial y el Instituto Tecnológico de Villahermosa.

Dra. Guzmán Ramón Elena¹, M.C. Anell Ruiz Rosa María², M.C. Ramírez Espín María Antonieta³ ⁴Ing. Oropeza Tosca Diana Rubí,

El CA Calidad, productividad y desarrollo sustentable e Ingeniería Ambiental del ITVH.

**Eguzmanr5@hotmail.com, Villahermosa.macroanell@hotmail.com,
espin55@hotmail.com, Oropesa.dianar@hotmail.com**

Resumen

Este estudio se desarrolló en la ciudad de Villahermosa en el estado de Tabasco, en las zonas que comprenden Indeco, Villa las Flores y Cd. Industrial; esta es una de las zonas de la ciudad donde más congestión vial se genera y por consiguiente donde más dióxido de carbono (CO₂) se emana a la atmósfera. En esta zona se presentó un problema de tala de árboles que eran los grandes captadores de (CO₂). Se realizó una caracterización del área de estudio y determinación de áreas con aptitudes forestales y destinadas para áreas verdes, así como un inventario forestal, un diagnóstico del área de estudio, campañas y actividades de reforestación con alumnos de diferentes niveles educativos de la Ciudad Industrial Unidad habitacional. Se reforestaron 2500 árboles en dos años con especies nativas tropicales forestales en áreas de la Ciudad Industrial, en comunidades aledañas de la Ciudad Industrial y el Instituto Tecnológico de Villahermosa. El proyecto Reforestación y rescate de especies nativas forestales en las unidades habitacionales aledañas a la Ciudad Industrial fue auspiciado por PROMEP (apoyo a cuerpos académicos en formación) Finiquitado el 15 de Diciembre de 2012. El impacto académico de este proyecto fue: 5 tesis de Licenciatura, 9 residencias profesionales superando una de las metas, 10 servicios sociales; así también 485 jóvenes en actividades complementarias con valor a un crédito en programas de desarrollo sustentable y proyecto interdisciplinario y 400 Cartas de adopción de árboles sembrados para cuidar de ellos por habitantes de la comunidad.

Palabras clave: Cambio climático, cultura ambiental, impacto ambiental, deforestación.

Abstract:

¹Elena Guzmán Ramón. Doctora en ciencias en ecología y desarrollo sustentable. Profesora investigadora del Instituto Tecnológico de Villahermosa. Eguzmanr5@hotmail.com(**autor correspondiente**)

²Rosa María Anell Ruiz. Maestra en ciencias en planificación de empresas y desarrollo regional. Profesora investigadora del Instituto Tecnológico de Villahermosa.macroanell@hotmail.com

³María Antonieta Ramírez Espín. Maestra en ciencias en planificación de empresas y desarrollo regional. espin55@hotmail.com

⁴ Ing. Diana Rubí Oropeza Tosca. Ingeniera Bioquímica. Profesora investigadora del ITVH. Oropesa.dianar@hotmail.com

This study was conducted in the city of Villahermosa in the state of Tabasco, in areas comprising Indeco, Villa las Flores and Ciudad Industrial, this is one of the areas of the city where more traffic congestion and therefore is generated where more carbon dioxide (CO₂) is emitted to the atmosphere. In this area was a problem logging you were the great catchers (CO₂). A characterization of the study area and identification of areas with forest skills and intended for landscaping as well as an inventory forester, a diagnosis of the study area, reforestation campaigns and activities with students from different educational levels of the Industrial City housing unit. 2500 trees were reforested with native species two years tropical forest areas Industrial City, in communities surrounding the City Industrial and Technological Institute of Villahermosa. Reforestation Project and rescue of native forest surrounding the housing units to the City Industrial was sponsored by PROMEP (support academic bodies in training) finalized on December 15, 2012. The academic impact of this project was: 5 theses, 9 professionals residences exceeding one goal 10 social services and 485 also complementary activities with credit value to a sustainable development programs and interdisciplinary project and 400 letters trees planted for taking care of them by residents of the community.

Key words: Climate change, environmental culture, environmental impact, deforestation.

Introducción

Se puso en marcha en el primer semestre del año 2011 la realización del: “Distribuidor Vial la Pigua”, ubicado en la Ciudad Industrial, proyecto fundamental para el estado, puesto que es una vía de comunicación importante hacia Campeche y Yucatán, en él se contemplan cuatro etapas: talar 1200 árboles, para hacer el distribuidor vial motivo por el cual esos árboles fueron retirados, para dar paso a cuatro nuevos carriles que darán solución al embotellamiento vial, puesto que en ésta área existen varias colonias aledañas, siendo las más cercanas Villa de las Flores, Indeco e Infonavit en la Ciudad Industrial; así también: Las colonias Lagunas, Olmea, Insurgentes siendo una esta carretera Industria Nacional Mexicana un importante vía de comunicación a Frontera y Campeche, hacia poblados cercanos a no más de 15 kms. De distancia, como: Ocuilzapotlán, Macultepec, y una de las más importantes entradas hacia los estados de Yucatán y Quintana Roo. La creación de parques industriales, zonas habitacionales, calles y avenidas ha contribuido en gran manera a la deforestación y pérdida de áreas verdes de la unidades habitacionales de Ciudad industrial de Villahermosa Tabasco; este caso en particular es el que se presentó en la avenida Industria Nacional Mexicana de Ciudad Industrial del municipio de Centro, Tabasco, debido al congestionamiento vehicular que a diario se presenta en esta zona. Para poder llevar a cabo este proyecto de modernización, la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) se derribaron ya 512 árboles en esta zona; estos árboles funcionan como captadores de CO₂ que tanto los vehículos, fábricas e industrias concentradas en esta zona expulsan cuando están en funcionamiento. Este problema de deforestación que se llevó a cabo en esta zona trae como consecuencias mayor emisión y concentración de gases de efecto invernadero a la atmosfera, incremento en la variabilidad del cambio climático y aumento en el calentamiento global por mencionar las más importantes. De ahí surge la idea de este proyecto por la necesidad de reforestar y rescatar especies nativas forestales en esta zona ubicada en la Ciudad Industrial y del Instituto Tecnológico de Villahermosa. Se Sembraron 2500 árboles (de los cuales 2100 fueron donados por la CONAFOR y 400 del vivero del ITVH) en tres fases, siendo la primera el 5 de junio día mundial del medio ambiente. Esta se llevó a cabo en el parque central de Indeco y en el Parque Recreativo ha sido programada a las 8:00 horas en los lugares antes mencionados. Las especies sembradas fueron: Coccoite (*Gliricidia Sepium*), Caoba (*Swietenia macrophylla King*), Cedro (*Cedrela odorata L.*) el cual a partir del 2012 está normada su reproducción por ser una especie en peligro de extinción) Guayacán Rosa (*Tabebuia rosea*), Guayacán Amarillo (*Tabebuia chrysantha*). Las fases dos y tres del magno proyecto de reforestación fueron en las Colonias Villa de las Flores Infonavit y Ciudad Industrial en meses siguientes: La segunda fase

el día 22 de Julio de 2012 en coadyuvando a la campaña Nacional de Reforestación y la tercera (última fase de reforestación) el día 5 de Octubre.

Objetivos

1. Realizar una caracterización del área de estudio y determinación de áreas con aptitudes forestales y destinadas para áreas verdes, así como un inventario forestal
2. Realizar un diagnóstico del área de estudio
3. Realizar campañas y actividades de reforestación con alumnos de diferentes niveles educativos de la Ciudad Industrial Unidad habitacional.
4. Reforestar una meta de 2500 en dos años de especies nativas tropicales forestales áreas de la Ciudad Industrial, el Instituto Tecnológico de Villahermosa y comunidades aledañas de la Ciudad Industrial, el Instituto Tecnológico de Villahermosa y comunidades aledañas.

Fundamento teórico

La reforestación es una acción en el ámbito de la silvicultura y pueden utilizarse especies autóctonas para reforestar; así también, para realizarla es necesario concientizar a los habitantes de las comunidades para que ellos tengan presente que para su mejor calidad de vida tienen que cuidar el medio ambiente, la reforestación es importante para el medio en que habitamos en este estudio para la colonia Indeco (Jiménez, 2013).

En el pasado histórico reciente (se suelen contabilizar 50 años) a nivel mundial existían grandes cubiertas de bosques que han sido eliminados por diversos motivos. Para la reforestación pueden utilizarse especies autóctonas (que es lo recomendable) o especies importadas, generalmente de crecimiento rápido. Las plantaciones y reforestación de tierras deterioradas mediante proyectos sociales de siembra de árboles producen resultados positivos, por los bienes que se producen y por los servicios ambientales Impulsar la acción ciudadana en defensa del medio ambiente, participando en acciones forestales, sensibilizando a la población, incentivando la participación social y promover la educación ambiental. Las reforestaciones participativas estratégicamente organizadas por asociaciones de voluntariado ambiental, centros educativos, ayuntamientos, etc. son metas viables con el objetivo de mejorar, restaurar y conservar espacios naturales degradados (COMISIÓN NACIONAL FORESTAL, 2001).

Las plantaciones y los proyectos de conservación se establecen, a menudo, usando especies exóticas, en vez de las nativas. Sin embargo, al introducir nuevas plantas a un ambiente nuevo, no siempre prosperan tanto como se desearía Las especies nativas, a menudo, crecen más lentamente que las exóticas, pero, ordinariamente, son más viables a largo plazo; han sido seleccionadas y refinadas, genéticamente, durante siglos, y se han adaptado a las condiciones locales, por eso, están mejor preparadas para sobrevivir los extremos climáticos y brotes de plagas y enfermedad locales (Henri, 2001). Citado por Jiménez, Op.cit., 2013.

Surgen algunos problemas socioeconómicos en los proyectos de “forestación social”, debido a la relativa novedad de esta clase de actividad. Las actividades de la forestación social deberán conseguir que la gente rural participe en las actividades organizadas para producir y manejar sus árboles o bosques, para su propio beneficio. No se puede dar por hecho su participación; deben entender claramente los costos y beneficios de su aporte y no deben haber trabas para la obtención de beneficio (Aguirre De los Rios, 2009).

Materiales y método.

A continuación se presentan dos de las tesis resultado de este proyecto.

Para poder realizar este proyecto, se delimitó el área de estudio debido a que la zona donde se originó el problema, cuenta con áreas verdes que se pueden recuperar en las que se encuentran en parques y lugares de esparcimiento. Por este motivo se tomó como área de estudio para recuperar sus áreas verdes el parque Graciela Pintado ubicado en Villa las Flores, las áreas verdes y el parque central de la colonia Indeco; así también, el parque Infonavit, la unidad habitacional de la Ciudad Industrial en Villahermosa Tabasco. Estos parques se encuentran cerca de la avenida Industria Nacional Mexicana donde se talaron árboles por ampliación de dicha avenida.

En la tesis denominada:

Diagnóstico para recuperación de áreas verdes en ciudad industrial para contribuir a la mitigación del Cambio Climático en Villahermosa, Tabasco.

2012. David García Hernández. Ingeniería Química.

Se determinó el tamaño de muestra con la fórmula para poblaciones finitas calculando un total de 137 encuestas para ser aplicadas a los habitantes. Además de realizaron cálculos de cantidad de dióxido de carbono. Para calcular el dióxido de carbono producido por el flujo vehicular en la avenida Industria Nacional Mexicana, es necesario determinar primero el flujo vehicular presentado diariamente en dicha avenida. De acuerdo con los datos obtenidos de la encuesta y del diagnóstico ambiental, nos damos cuenta de las necesidades de información ambiental que hay en las colonias Indeco y Villa las Flores, que son colonias aledañas a Cd industrial, para promover la cultura ambiental, la cual es una de las principales causas del deterioro ambiental que ahí se vive. De acuerdo a la hipótesis inicialmente planteada: Es urgente una estrategia de recuperación de áreas verdes con especies forestales para el área de estudio para la zona 1 unidad habitacional de la Ciudad Industrial, es acertada. Conforme el análisis de las respuestas de las preguntas aplicadas y el diagnóstico ambiental, nos damos cuenta de que falta mucha información acerca de los árboles, cambio climático, calentamiento global y de los principales gases de efecto invernadero, entre otros y por tal motivo los habitantes de estas colonias muestran poco interés en las áreas verdes. Para tener una imagen más clara del tema desde un principio se planteó la pregunta: ¿Está usted interesado en participar en algún programa para la recuperación de áreas verdes en su colonia? A la cual la mayoría de las personas encuestadas dijo estar de acuerdo, por este motivo y viendo las necesidades existentes en estas colonias, esta hipótesis es aceptada, y por este motivo en esta tesis se plantean estrategias y propuestas para la recuperación y el cuidado de las áreas verdes. De los resultados obtenidos por SERNAPAM, no damos cuenta de que realmente efecto la tala de los árboles en Cd. industrial, la gráfica de los datos obtenidos así lo demostró, los árboles sirven como captadores de carbono, pero si se talan y día a día disminuye el número de estos, no habrá mayor captura de carbono incrementándose así la cantidad de gases de efecto invernadero en la atmósfera.

Los sectores que más GEI's (Gases efecto invernadero) producen, son el sector transporte y el de la industria de energía con aproximadamente el 41 y 33% (3/4 partes del total de las emisiones del sector energético del país), respectivamente. Cabe destacar que estos valores son similares a los estimados en el documento denominado "Estrategia Nacional de Cambio Climático" (CICC, 2007).

Para calcular el dióxido de carbono producido por el flujo vehicular en la avenida Industria Nacional Mexicana, se determinó el flujo vehicular presentado diariamente en dicha avenida. La información del aforo vehicular fue proporcionada por la Dirección General de la Policía Estatal de Caminos (PEC). Los datos de monitoreo fueron proporcionados por la SERNAPAM (Secretaría de Energía, Recursos Naturales y Protección Ambiental) basados en la NOM-021-SSA1-1993. La cantidad de dióxido de carbono emitido por los viajes en vehículo es directamente proporcional a la cantidad de combustible utilizado. Eso se ve reflejado en las emisiones de CO₂ de los autos. Los vehículos de motor se calcula que generan alrededor del 20 por ciento de las emisiones de CO₂ provocadas por el hombre. Otro componente importante de la contaminación del aire a causa de los automóviles es el monóxido de carbono, el cual entra al aire cuando los motores no queman completamente el combustible que utilizan. Los vehículos automotores actualmente generan aproximadamente 200 gr de dióxido de carbono por cada km recorrido. Si por cada vehículo son 200 g/km aproximadamente y tomando en cuenta que la distancia del puente La Pigua I al CRESET (Centro de Readaptación social del Estado de Tabasco) es de 1 kilómetro, entonces:

Total de dióxido de carbono en g x 41298 vehículos=8259600 g

En 12 horas, en las que más tráfico hay, se generan aproximadamente 8259600 g de dióxido de carbono en Cd Industrial por el flujo vehicular.

Así también se calculó: la cantidad de árboles que serían necesarios para absorber la cantidad de dióxido de Carbono generado en la Cd. Industrial por los vehículos en 12 h

Los estudios demuestran que un solo árbol promedio puede absorber hasta 21 kg de dióxido de carbono en un año y producir oxígeno suficiente para mantener dos seres humanos.

La cantidad de dióxido de carbono producida en Cd Industrial a causa de los vehículos en 12 h como bien sabemos es de 8269600 g, y la cantidad de dióxido de carbono que un árbol maduro y grande absorbe es de 21 kg aproximadamente, por lo tanto:

21 kg=21000g en un año,

Si sabemos que un año consta de 8760 horas, entonces en 1 hora consumirá: $21000 \text{ g}/8760 \text{ hrs}=2.397\text{g/h}$. En una hora un árbol consume 2.397 gr, por lo tanto consumirá 28.764 g en 12 horas; sabiendo que en Cd Industrial se generan 8259600 g en 12 h, entonces la cantidad de arboles que se necesitan será de: $8259600 \text{ g}/28.764 \text{ g}= 287150 \text{ g}$

Para poder consumir todo el dióxido de carbono generado por los vehículos en tan solo 12 horas, las horas más críticas del tráfico en la ciudad, de 6:00 am a 6:00 pm se necesitan por lo menos 287150 árboles, y sabiendo que la cantidad de habitantes en las colonias Villa las Flores e Indeco según los datos de INEGI es de 13992, la cantidad de arboles que se necesitan por persona es de: $287150 \text{ árboles}/13992 \text{ personas}=20.52 \text{ árboles por persona}$. Se necesita que haya 21 árboles por cada habitante de estas colonias para poder consumir el dióxido de carbono que emiten tan solo los vehículos en 12 h.

Caracterización de propiedades físico-químicas del suelo parque Graciela Pintado de Madrazo y áreas aledañas destinadas para reforestación, en la ciudad industrial, centro, Tabasco.

2012. Mariana Díaz Pérez. Ingeniería Química

Este estudio de caracterización de los suelos del Parque de Villa Las Flores Graciela Pintado en Ciudad Industrial del Estado De Tabasco y áreas aledañas que serán reforestadas consiste en

determinar el tipo de suelo que existe en dicho lugar para así poder definir que plantas o arboles debemos sembrar para mejora de los ciudadanos que ahí habitan. Los análisis se realizaron de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000, que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificaciones de suelo donde obtuvimos los resultados de pH (H₂O), CE (conductividad eléctrica), MO (materia orgánica), N (nitrógeno), P Olsen mg kg⁻¹(fosforo) para así saber la clasificación textural a diferentes profundidades de muestreo (30,40 y 50cm). Por lo tanto, se determinaron las características de suelo en el área antes mencionada y por consiguiente sembrar especies forestales autóctonas para obtener mejores resultados y como ciudadanos podamos tener una mejor calidad de vida y también concientizar que es tarea de todos, autoridades y ciudadanos preservar y cuidar los arboles que ya existen. Con los resultados obtenidos del análisis físico-químico realizado al suelo del parque Graciela Pintado ubicado en Ciudad Industrial de la Ciudad de Villahermosa Tabasco nos queda claro que este tipo de suelo no es el más apropiado para sembrar árboles como Cedro, Caoba, Maculís, Guayacán y Tulipán Africano, ya que los resultados nos dicen que su clasificación textural Franco Arenoso y Franco Arcilloso Arenoso no es el más recomendable ya que si hay un dominio de la arena y de los elementos gruesos, el suelo será muy poroso y muy permeable, retiene poca humedad, es secante, tiene poca cohesión, menos plasticidad y pocas reservas de elementos minerales nutritivos. A la inversa, si predomina la arcilla, el suelo es poco filtrante, retiene mucha humedad y más elementos nutrientes. Ambos extremos no son adecuados. La textura llamada media o suelo franco es la más adecuada y es la que presenta o contiene 20% de arcilla, 40% de arena y 40% de limo. Sin embargo para obtener excelentes resultados al plantar estos árboles los pasos a seguir son los siguientes:

- 1.- Sembrar las plántulas en una tierra fértil.
- 2.- Cuando tengan un tamaño aproximado de 50 o más cm. desenterrarlos con las raíz completa, esto con mucho cuidado ya que la raíz en esta etapa juega un papel importante.
- 3.- Llevar la plántula del árbol al lugar donde se va a resembrar hacer un oyó o hueco del Tamayo de la raíz del árbol.
- 4.- Y un punto importante al momento de sembrar ignoraremos la tierra que quedo al hacer el hueco y en su lugar pondremos tierra de cacao o negra (tierra fértil) para obtener excelentes resultados
- 5.- Como último punto pero no menos importante pondremos la tierra fértil sin hacer movimientos de aplanar la tierra con esfuerzo sino solamente a como vaya cayendo la tierra así quedara ya que el hecho de aplastar puede traer perjuicio para los resultados esperados.

Identificación de las especies forestales nativas del parque central de la col. indeco, Villahermosa, Tabasco.

2013. Maloqueo Hernández Jiménez. Ingeniería Ambiental.

Resultados

5 tesis de licenciatura

9 Residencias profesionales

10 Servicios sociales

2 publicaciones

2 ponencias

485 Actividades complementarias

De este *Proyecto de Reforestación* se derivan cuatro proyectos más: Febrero 2012-Agosto 2013

- **Programa de concientización para generar y fomentar la cultura de la reforestación de los diferentes niveles educativos de la zona Indeco, Infonavit y Ciudad Industrial**, proyecto a cargo de la MIE. María del Carmen Hernández Martínez y M.C.Gloria Aurelia Díaz Cortaza y M.E. María del Carmen Antelma Vásquez E. de los Monteros.
- **Gestión de Recursos Forestales en Pro de la Reforestación de las Colonias aledañas al I.T.V.H.**, como responsable la Lic. Roció de los Ángeles Moreno Esquivel
- **Vivero Forestal en el Instituto Tecnológico de Villahermosa** así como **Control y seguimiento de áreas reforestadas** a cargo de la Ing. Diana Rubí Oropeza Tosca, Ing. Antonina del Carmen Tun Pérez, M.I.P.A Mario José Romellón Cerino y M.C. Mayra Liz Barrios Viñas

Conclusiones

Es importante resaltar la necesidad de realizar una segunda etapa de este proyecto para dar seguimiento y continuar reforestando, puesto que la supervivencia de los árboles reforestados es del 30 %. Mediante los proyectos de: Programa de concientización para generar y fomentar la cultura de la reforestación de los diferentes niveles educativos de la zona Indeco, Infonavit y Ciudad Industrial vivero forestal en el Instituto Tecnológico de Villahermosa, El de control y seguimiento de áreas reforestadas son de suma importancia para la recuperación puesto que es necesario cuidar los árboles recién sembrados en zonas reforestadas pues si no mueren, son arrancados, aplastados o mutilados y siendo vano el trabajo de las personas por conservar áreas verdes.

Referencias

Aguirre De los Ríos Francisco Fernando (2009). Evaluación de plantaciones forestales del Proyecto Bosques del Chinchipe, en Perú. Comunidad Europea.

COMISIÓN NACIONAL FORESTAL. 2001. Programa estratégico forestal para México 2025 Informe final. SEMARNAT-CONAFOR. URL

Secretaría de Comercio y Fomento Industrial. NOM-008-SCFI-1993. Norma Oficial Mexicana. Sistema General de Unidades de Medida.

Jiménez López Marloqueo (2013). Tesis profesional. Instituto Tecnológico de Villahermosa. Identificación de las especies forestales nativas del parque central de la Col. Indeco, Villahermosa, Tabasco. Pàgs.16-18

Erosión en la playa sur de la ciudad de Loreto, BCS. Por influencia Atropogénica

Nava-Sánchez Enrique Hiparco¹, Martínez Flores Guillermo¹, Navarro Lozano José Octavio²

¹Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, IPN, Av. Instituto Politécnico Nacional s/n Col. Playa Palo de Santa Rita, Apdo. Postal 592, C.P. 23096, La Paz, BCS.

²Comisión Nacional del Agua, Chiapas No. 2535, entre Encinas y Legaspy, Col. Los Olivos, C.P. 23040, La Paz, BCS.

enava@ipn.mx

Resumen

La línea de costa frente a la ciudad de Loreto tienen una longitud de 3.3 km, y desde los años 60's ha sido modificada por actividad antropogénica, afectando una longitud de 1650 m, mediante construcciones como: una marina (100 m), un rompe olas (800 m de largo), creación de un delta (600 m) y una serie de espigones (150). Estas construcciones han generado crecimiento de playas en algunos sitios y la erosión intensa de la playa sur. El objetivo del presente trabajo fue determinar cuáles son los factores responsables de dicho proceso erosivo. La ciudad de Loreto está ubicada en la costa centro-occidental del Golfo de California, protegida por la alargada Isla del Carmen, por lo que la energía de oleaje en las playas es de baja a moderada. La ciudad está asentada sobre un abanico-delta alimentado por el Arroyo Las Parras, que drena una cuenca hidrológica pequeña (120 km²). Antes de las modificaciones antrópicas, el abanico-delta estuvo bordeado por playas de arenas y gravas. El confinamiento del arroyo Las Parras en 1968, favoreció la formación de un delta, cubriendo 600 m de la línea de costa original, con un crecimiento de 300 m en aproximadamente 50 años. Se encontró que los procesos responsables de la erosión de la playa sur son dos: (1) el delta actual del arroyo Las Parras (300 m) ejerce la función de un gran espigón, favorece el crecimiento de la playa norte por sedimentación del transporte litoral y ocasiona la erosión de la playa sur, y (2) la extracción de materiales para construcción del tamaño de arena y grava en el arroyo Las Parras provoca la escases de estos sedimentos para ser distribuidos a lo largo de la línea de costa. Se asume que los procesos naturales no han cambiado en las últimas décadas.

Palabras clave: Arroyo, descarga fluvial, impacto antropogénico, minado de arroyo, riesgo costero.

Abstract:

The coastline in front of Loreto city is 3.3 km long. It has been modified since the 60's due to anthropogenic activity, such as a marina (100 m), a wave breaker (600 m), and a series of groins (150 M), affecting a total length of about 1650 m. These constructions have favored the growing of beaches in

some areas, and intense erosion of south beach. The aim of this work was to identify which are the responsible factors for the erosion of the beach. Loreto city is located on the mid-western coast of the Gulf of California. It is protected by Carmen Island, which reduces wave energy that reaches the Loreto beaches. The city is standing on a fan-delta fed by Las Parras arroyo which drains a small hydrologic basin of about 120 Km². Before anthropic construction, the fan-delta was bordered by gravelly sand beaches. After confining Las Parras arroyo in 1968 a new delta starting to be formed, this has covered a length of 600 m of the original coastline and a growing distance of 300 m in approximately 50 years. We found that processes responsible for erosion of the south beach are two: (1) the modern Las Parras delta (300 m) takes the function of a big groin, favoring the growing of the beach on the north side and erosion of the south beach, because limits the littoral transport; (2) the mining of materials for construction from the Las Parras arroyo such as sand and gravel results on the starvation of this kind of sediments to be distributed along the coastline. It is assumed that natural processes have not changed.

Keywords: arroyo, fluvial discharge, anthropogenic impact, arroyo mining, coastal risk.

Introducción

El impacto antropogénico sobre las playas es cada vez más evidente, debido a que la zona costera tiene uno de los índices de crecimiento de población más altos. Esto hace que el manejo para la conservación de las playas sea cada vez más difícil. Uno de los principales problemas es el de la afectación del sistema de sedimentación de las playas, desde las fuentes de aporte de sedimentos hasta la modificación directa de las playas por medio de construcciones o de la extracción de material para construcción o explotación de minerales. El presente estudio pretende determinar las causas de la erosión de la playa sur de la ciudad de Loreto.

Descripción del área

La ciudad de Loreto (10,000 hab) se localiza en el interior del Golfo de California, sobre la costa centro-oriental de la península de Baja California (Fig. 1). La ubicación geográfica de la ciudad está dada por el cruce de las coordenadas de latitud 26° 0' 38.7" N y longitud 111°20' 31.94" O. El área de estudio, referida en este trabajo como Playa Sur, se localiza al sur de la actual descarga del arroyo Las Parras y presenta rasgos de erosión intensa.



Figura 1. Localización de la ciudad de Loreto y de la Playa Sur que es el objeto de estudio. Rasgos geomorfológicos principales del abanico-delta Las Parras, sobre el cual se asentó la ciudad.

La ciudad de Loreto se asentó sobre un abanico-delta, formado por las descargas de sedimentos del arroyo Las Parras. En la imagen izquierda de la figura 1 se infirió el área que cubría el abanico-delta antiguo y la posición de los arroyos distributarios por los cuales se llevaban a cabo las descargas de material sedimentario, las cuales tenían lugar principalmente en el área del Centro Histórico. De un análisis comparativo con otros abanico-deltas de la Bahía Loreto (arroyos De Arce al norte y El Tular al sur), se infiere que la línea de costa del abanico-delta antiguo de Las Parras estaba bordeado por playas de arenas gravosas. La línea de costa de la ciudad de Loreto con 3.5 km de largo, ha sido modificada desde hace más de 40 años. De norte a sur estas construcciones son: una marina (que cubre 100 m de línea), un malecón (800 m), una serie de espigones (150 m) y se provocó la creación de un delta (600 m).

Condiciones meteorológicos y oceanográficas

El clima que predomina en Loreto, es del tipo BW(h')w(x'); muy árido, cálido o semicálido. La precipitación promedio anual es de 113 mm y está relacionada al paso de ciclones tropicales, los cuales se presentan a finales del verano y principios del otoño con periodos de retorno de 5 a 11 años. Tanto las tormentas tropicales como los huracanes pueden producir lluvias torrenciales, que pueden alcanzar más de 200 mm por ciclón.

Bahía Loreto está protegida por la Isla Carmen (Fig. 1), por lo que el oleaje es de energía baja y proviene principalmente del norte. Con los "nortes" el oleaje puede alcanzar una energía moderada, con alta capacidad erosiva. Con el paso de los huracanes, la energía de oleaje se puede incrementar sustancialmente y aunque el viento tenga una dirección variable, el oleaje dominante también es del norte, El oleaje dominante del Norte genera un transporte litoral muy activo en dirección de Norte a Sur (Fig. 1).

Aportes sedimentarios

Las playas de Loreto son abastecidas predominantemente por las descargas fluviales de los arroyos De Arce (cuenca de 35 km²) y De Gúa (34 km²) localizados al norte y Las Parras (120 km²; Fig. 2). Estos arroyos drenan la vertiente de la sierra La Gigante, con alturas máximas que sobrepasan los 1000 m, por lo que las pendientes son generalmente muy inclinadas (Navarro-Lozano, 2009). En la estratigrafía de los depósitos aluviales recientes observada en los bordos naturales, se reconocen dos tipos de depósitos (Fig. 2): (a) flujos de corrientes, constituidos por arenas gravosas y gravas arenosas y (b) flujos de escombros, constituidos caóticamente de gravas, boleos y bloques en una matriz arenosas. Los flujos de escombros son muy peligrosos, ya que parte de ellos o en su totalidad, pueden salirse del cauce principal y formar nuevos cauces o reactivar canales distributarios antiguos. Estos procesos fueron descritos inicialmente por Blissenbach (1954) y Hooke (1967) y para Baja California Sur por Nava-Sánchez (1997) y Navarro-Lozano (2009). En 1959 durante el paso de un huracán que recorrió toda la península, se formó un flujo de escombros que afectó seriamente al pueblo de Loreto, por lo que en 1968 el gobierno llevó a cabo el confinamiento del arroyo Las Parras mediante bordos rocosos (para su ubicación ver la figura 1). A partir del confinamiento del arroyo Las Parras, su descarga de sedimentos se lleva a cabo de manera puntual, lo que ha originado la formación de un abanico-delta moderno. Una vez que los sedimentos fluviales son descargados a la zona litoral, el oleaje y la corriente litoral los remueve y los acarrea a lo largo de la costa con dirección de norte a sur.

Procesos de erosión

La erosión de una playa se presenta cuando hay un déficit en el aporte sedimentario y la acción conjunta del oleaje y la corriente litoral remueven sedimentos que ya no regresan a la playa. Del análisis de las imágenes de la figura 2, se encontró que el conjunto de tres espigones retienen parte del sedimento aportado por transporte litoral a lo largo de la costa.

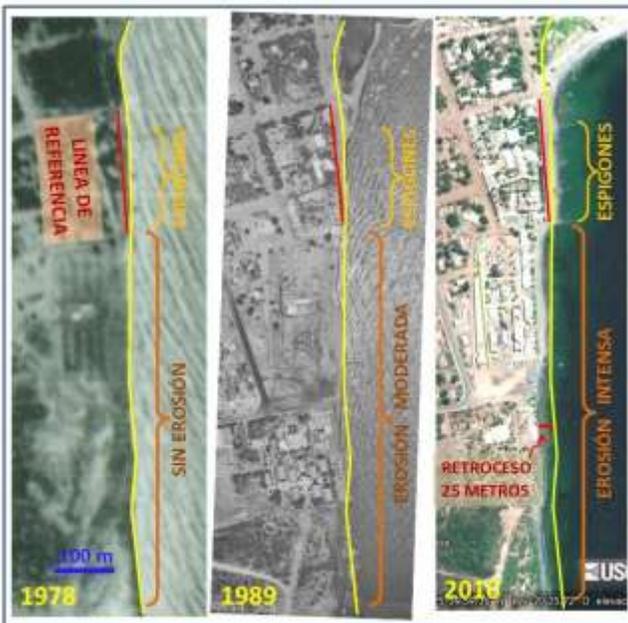


Figura 2. La secuencia de fotografías aéreas muestra la evolución de la Playa Sur, desde 1978, aun cuando ya existían los espigones la línea de costa presentaba condiciones cuasi naturales. En 1989 los rasgos de erosión empiezan a ser evidentes y en 2010 la playa mostraba erosión intensa, con retrocesos máximos de 25 m. Se trazó la línea de costa inicial (1978) para mejor apreciación de la erosión.

Se consideró que la erosión de la Playa Sur, contigua al conjunto de los tres espigones, no es explicada completamente por la cantidad de arena retenida en dichos espigones, ya que el sistema debió estabilizarse en los años posteriores a 1989, es decir, una vez que los espigones retuvieron el máximo de sedimentos para lo cual fueron diseñados, el traspaso de sedimentos por medio del transporte litoral hacia el sur, debió continuar. Este proceso podría haber reducido sustancialmente la erosión de la playa contigua, y eventualmente llegar a alcanzar un equilibrio. Sin embargo esta situación no se ha presentado. En la imagen de 2010 (Fig.2) muestra una erosión intensa, que en algunos lugares alcanza poco más de 25 m. Se determinó que la erosión se debe a dos causas que son de origen antropogénico: (1) el crecimiento del abanico-delta moderno formado por la descarga del arroyo Las Parras, y (2) el minado de arenas y gravas finas del arroyo para construcción. A continuación se explican estos procesos.

Efecto del crecimiento del abanico-delta moderno Las Parras

La secuencia de fotografías aéreas de la figura 3, muestra el crecimiento del abanico-delta formado a partir del encausamiento artificial del arroyo Las Parras. En la fotografía más antigua (imagen izquierda) se observa una ligera protuberancia deltáica, en contraste con la línea verde que corresponde a la antigua línea de costa. Este abanico-delta moderno presenta una función similar al de un gran espigón; retiene arena en el sector norte, abastecida por el transporte litoral, y genera erosión en el sector sur, que es donde se encuentra la Playa Sur. El sector medio es de traspaso de sedimentos.

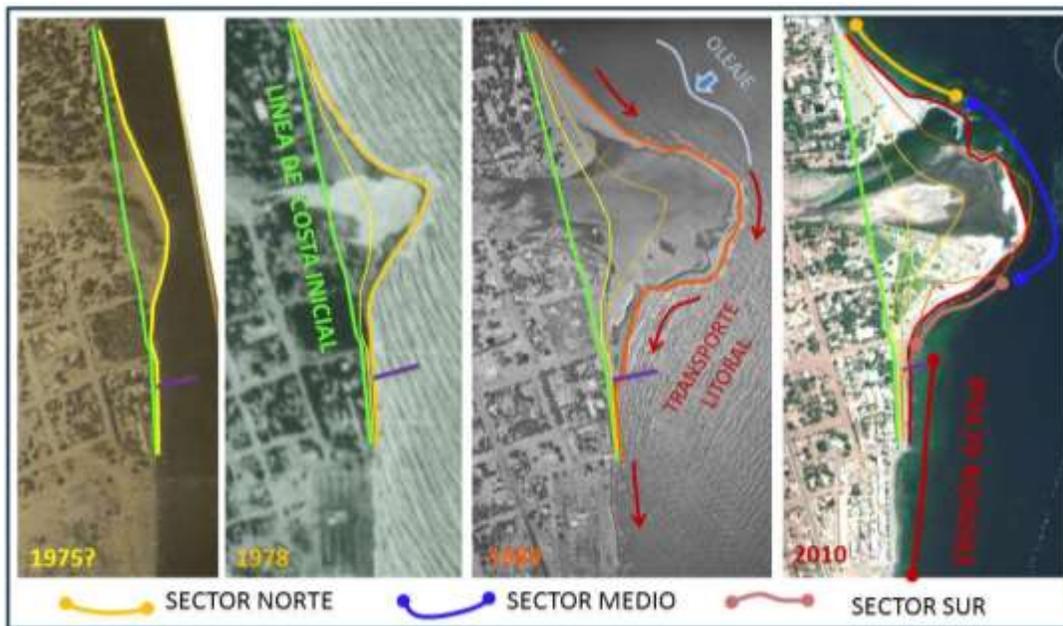


Figura 3. Serie de fotografías aéreas que muestran que el abanico-delta moderno ha tenido un crecimiento de aproximadamente 300 m en los últimos ~45 años. Los rasgos geomorfológicos denotan un sector norte, con predominio de crecimiento de la línea de costa y un sector sur con predominio de erosión.

Efecto de la extracción de arena del cauce del arroyo

El otro proceso antropogénico que favorece la erosión de la playa es la extracción o minado de material sedimentario del cauce del arroyo Las Parras. Esta actividad se ha llevado a cabo desde hace más de 30 años, aunque en los últimos 15 a 20 años la extracción es más intensa

debido al crecimiento de Loreto y Nopoló. La extracción se lleva a cabo en la parte baja del arroyo debido a su fácil acceso y cercanía con la ciudad (Figura 4). El tamaño más demandado es el de las arenas y en menor proporción, las gravas finas y material más grueso. Por tanto, las descargas del arroyo al litoral tienen déficit de estos tamaños. Son precisamente las arenas y gravas, los sedimentos más comunes en las playas de Loreto. El déficit de arena desequilibra al sistema litoral; el oleaje es el agente que redistribuye los sedimentos aportados por los arroyos, a lo largo de la línea de costa, pero cuando se presenta un déficit de sedimentos el oleaje toma sedimentos de las playas, provocando la erosión.

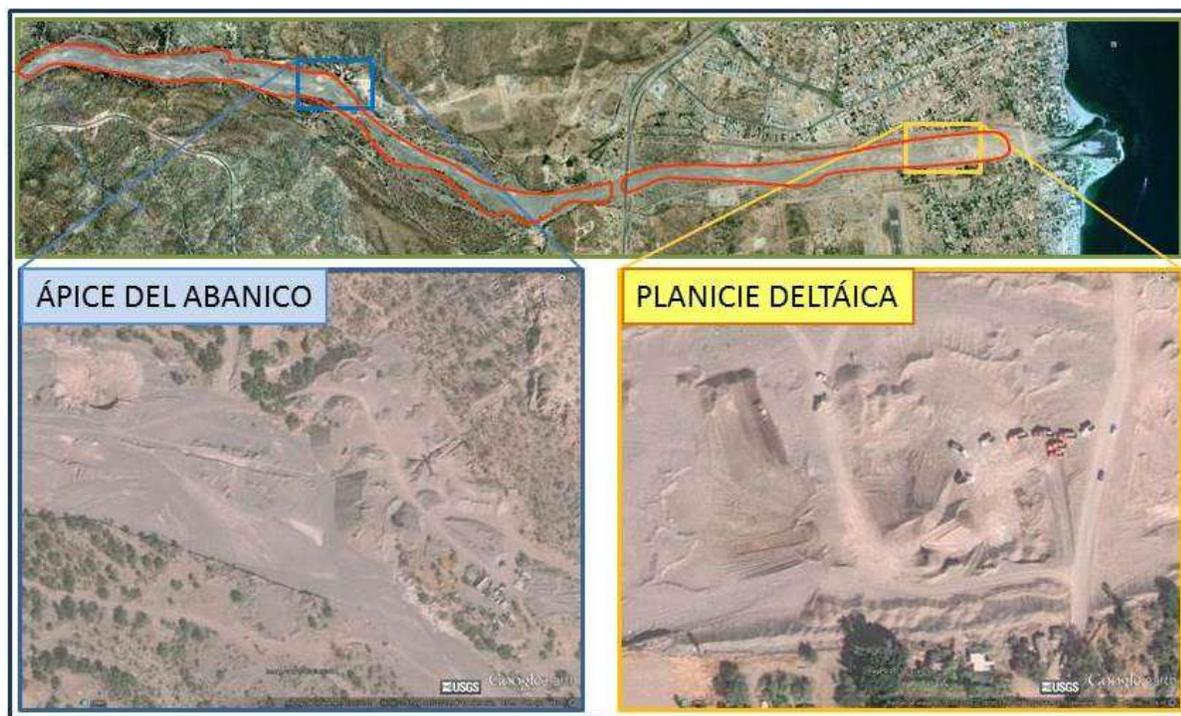


Figura 4. Minado de los sedimentos de arroyo que se lleva a cabo a lo largo de 7 km en la parte baja del arroyo y hasta una distancia menor a 100 m del margen de la laguna deltáica.

Conclusiones

La erosión severa de la Playa Sur, contigua al conjunto de espigones localizados al sur de la descarga del arroyo Las Parras, está relacionada principalmente a dos procesos: (1) al efecto “espigón” que ejerce el abanico-delta moderno Las Parras, reteniendo las arenas arrastradas por transporte litoral en su sector norte y provocando erosión en su sector sur; y (2) al déficit de arena en la descarga sedimentaria del arroyo Las Parras, que es la fuente principal de arena para las playas y cuyo déficit es provocado por extracción de dicho sedimento en los bancos de materiales del cauce del arroyo. Es importante señalar que la presencia del conjunto de espigones, tienen un impacto menor en la erosión de las playas contiguas comparado con el proceso (1) mencionado anteriormente.

Comentario final

Por último, nos permitimos comentar que la extracción o minado de materiales para construcción de los cauces de arroyos debería prohibirse, sobre todo cuando los arroyos abastecen playas de interés socioeconómico, como son las de Loreto.

Referencias

- Blissenbach, E., 1954. Erich blissenbach **geology of alluvial fans in semiarid regions**. Geological Society of America Bulletin, 65; 175-190.
- Hooke, R. LeB, 1967. Processes on arid-region alluvial fans. Journal of Geology 75(4); 438-460
- Nava-Sánchez, E.H., 1997. Modern fan deltas of the west coast of the Gulf of California, Mexico. Ph.D. Dissertation, University of Southern California, Los Angeles; 280 pp.
- Navarro-Lozano, J.O., 2009. Geomorfología y Procesos de Sedimentación en los Abanicos Deltáicos Recientes en la Bahía de Loreto, BCS, México. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, Instituto Politécnico Nacional; 160 pp.

Oxidative stress is related with obesity and the polymorphisms g-2548a of the leptin gene (*lep*) and q223r of the leptin receptor gene (*lepr*) in tepehuano and mestizo populations of Mexico

Delgadillo-Guzmán Dealmy ¹, Cuéllar-Cruz Mayra ², Reyes-Romero Miguel Arturo¹ and Quintanar-Escorza Martha Angélica ^{1*}

¹Departamento de Bioquímica, Facultad de Medicina y Nutrición, Universidad Juárez del Estado de Durango., México

²Unidad de Biotecnología Médica y Farmacéutica, Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco. Guadalajara, México

*Corresponding author: Martha Angélica Quintanar Escorza. Departamento de Bioquímica, Facultad de Medicina y Nutrición, Universidad Juárez del Estado de Durango,

marthaquintanar@gmail.com

Resumen

Objetivo: Determinar la correlación entre el estrés oxidativo y los polimorfismos de G-2548A de *LEP* y Q223R de *LEPR* en indígenas tepehuanos y mestizos de México.

Métodos: Identificamos y caracterizamos a 50 sujetos voluntarios clínicamente sanos sin obesidad y con 50 sujetos obesos sin patologías ni alteraciones clínicas. Determinamos la capacidad antioxidante total y la peroxidación lipídica en plasma. Genotificamos utilizando el método de PCR y enzimas de restricción (PCR-RFLP). Resultados: el análisis de frecuencia alélica del polimorfismo de G-2548A *LEP* en tepehuanos no obesos, mostró una frecuencia del 56% en el genotipo heterocigoto GA, mientras que el genotipo GG homocigoto, ocurrió en el 32%. Por otro lado, los mestizos presentaron una frecuencia del 64% en el genotipo GA heterocigoto y el 28% de frecuencia del tipo GG homocigoto. Si mismo, el alelo A mostro una frecuencia mayor (60%) comparado con la de los sujetos tepehuanos (54%). En grupos con sobrepeso/obesidad, la frecuencia del alelo A fue mayor en mestizos (45%) que en la población tepehuana (40%). Al evaluar la frecuencia alélica de polimorfismos en Q223R de *LEPR* en tepehuanos obesos, los genotipos heterocigotos QR, representaron el 56%, mientras que los no obesos tuvieron una frecuencia del 48%. Con respecto al polimorfismo G-2548A de *LEP*, en mestizos obesos, el alelo A mostro una frecuencia mayor (45%) comparado con los sujetos tepehuanos (40%). En el grupo de los no obesos, la frecuencia alélica de los sujetos tepehuanos fue mayor (46%) comparado con los sujetos mestizos (40%). Ni en sujetos mestizos ni en tepehuanos con sobrepeso/obesidad, la capacidad atioxidante se correlacionó con el genotipo Q223R del gen *LEPR*, sin embargo el genotipo heterocigoto de *LEPR* que mostro mayor frecuencia, tuvo relación con los niveles de peroxidación tanto en las poblaciones de tepehuanos como Mestizos no obesos.

Conclusiones: Probablemente el genotipo GG de LEP es un factor protector ante el daño oxidativo en sujetos Tepehuanos no obesos. Sin embargo en los sujetos tepehuanos con sobrepeso/obesidad, el daño es comparable con los sujetos no obesos mestizos, lo cual sugiere que la obesidad está determinada por el decremento de la expresión del polimorfismo GG del gen de LEP en Tepehuanos.

Palabras clave: estrés oxidativo, G-2548A *LEP*, Leptina, obesidad, Q223R *LEPR*, receptor de leptina

Abstract

Objective: To determine whether there is a correlation between oxidative stress and the polymorphisms G-2548A of *LEP* and Q223R of *LEPR* in the indigenous Tepehuano and Mestizo populations in Mexico.

Methods: We identified and characterized 50 obese subjects and 50 non-obese healthy volunteers in two study groups: Tepehuanos and Mestizos from the state of Durango in Mexico. Oxidative stress was determined by measuring the total antioxidant capacity and lipid peroxidation in the plasma. Genotyping was performed using the PCR-RFLP method. **Results:** Analysis of the allele frequency of G-2548A *LEP* polymorphism in non-obese Tepehuanos showed that the heterozygous GA genotype represented 56% and the wild GG homozygous accounted for 32%. Meanwhile, for the non-obese Mestizo subjects, the frequency of the GA heterozygous was 64% and the wild GG homozygous was 28%. In the non-obese Mestizo subjects the A allele showed a higher frequency (60%) compared to the Tepehuano subjects (54%). For the overweight/obese Mestizo, the A allele frequency was higher (45%) than in the overweight/obese Tepehuanos subjects (40%). In assessing the allele frequency of the Q223R polymorphism of *LEPR* in non-obese Tepehuanos, the QR heterozygous genotype accounted for 56%, whereas in non-obese Tepehuano subjects heterozygous had a frequency of 48%. With regard to the G-2548A polymorphism of *LEP*, in the obese Mestizo subjects, the A allele showed a higher frequency (45%) compared to Tepehuano subjects (40%). In the non-obese Tepehuano subjects, the A allele frequency was higher (46%) compared to overweight/obese Mestizo subjects (40%). Antioxidant capacity was not correlated with the heterozygous genotype of Q223R of *LEPR* gene in overweight/obese Mestizos nor in either group of Tepehuano subjects. The genotype of the *LEPR* heterozygote that was most frequent had a relation to the levels of lipid peroxidation in no-obese Mestizo and Tepehuano populations.

Conclusions: Carrying the wild GG homozygous genotype of *LEP* is a protection factor against oxidative damage for non-obese Tepehuano subjects. However, for overweight or obese members of this population, damage is observed that is comparable to non-obese Mestizos. These findings suggest that obesity is probably determined by a decrease in the expression of the wild AA *LEP* gene polymorphism in the Tepehuanos.

Key words: oxidative stress, G-2548A *LEP*, Leptin, obesity, Q223R *LEPR*, leptina receptor.

Introduction

In the last two decades, obesity has been identified as the principal risk factor for cardiovascular disease, musculoskeletal disorders, hypercholesterolemia, hyperinsulinemia, diabetes mellitus type 2, and various cancers [1-6]. The etiology of obesity is complex, because of the interactions among psychological, environmental, metabolic, and genetic factors [7-9]. Dietary changes influenced by the environment have been observed to play a major role in developing obesity. It has been suggested that nutrients generate epigenetic changes in the human genome, such as DNA methylation and histone modification, which subsequently lead to modifications in the expression of the genes involved in obesity [10]. Interestingly, studies assessing differences in dietary habits between indigenous and non-indigenous populations have found that non-indigenous populations are more likely to be obese [11,12]. In Mexico, studies have shown that the life styles of indigenous people, like the Tepehuanos and Yaqui in Mexico, do not promote obesity [12-14]. The Tepehuano Amerindians live in the mountains of the Sierra Madre Occidental, in the states of Durango and Nayarit, Mexico. Their ancestors are from Meso-

America, while the ancestors of the Mestizo population are the product of a cross between the descendents of Europeans and Africans with Amerindians [15-18]. The Tepehuanos cultivate their own food and live in villages far from urban areas, so they retain their traditional lifestyle and language [13,14,19].

As it looks, different correlations between nutrition, oxidative stress, and the genetic architecture of the non-indigenous population (Mestizos) are plausible, in comparison to the indigenous population (Tepehuanos), since these populations have different genetic backgrounds. Until now, there are no studies which show whether or not this affects the development of obesity.

In this regard, the search for genetic markers has identified candidate genes that favor the predisposition to obesity. Most of these genes encoding for the molecular components of the physiological systems that regulate energy balance [20]. The biological homeostasis of energy is regulated by hypothalamic leptin-melanocortin signaling in which the leptin hormone (*LEP*), bound to its receptor (*LEPR*), plays an essential role in the generation of satiety signals [21]. For this reason, the candidate genes commonly associated with obesity are leptin (*LEP*) and leptin receptor (*LEPR*) [6,22-24]. A nucleotide substitution of G for A located at -2548 of the initial codon of the *LEP* gene promoter (*LEP* G-2548A), has been associated with an increase in synthesis and secretion of leptin in adipocytes, although no association has been found in some populations [23-28]. Unlike polymorphism in the *LEP* gene, in the leptin receptor gene, potential polymorphisms involved in obesity have been identified [29-31]. However, only the polymorphisms *LEPR* Q223R, *LEPR* K109R, and *LEPR* K656N are associated with this etiology [3]. In particular, the polymorphism Q223R has been associated with increased body mass in different ethnic groups in several countries [3,23,32]. Additionally, leptin, as a hormonal peptide produced by the adipocytes in the adipose tissue, induces the production of reactive oxygen species (ROS), generating a state of oxidative stress (OS) in obese patients [33]. Data shows that adipose tissue, by secreting leptin and consequently producing ROS, is considered to be the predominant tissue for systemic oxidative stress in the obese persons. Also, it has been shown that hyperleptinemia is associated with oxidative stress and the inactivation of nitric oxide, by reducing the activity of nitric oxide synthase (NOS) [34]. ROS can damage any type of biomolecule, like nucleic acids (DNA), lipids, and proteins. To counteract the effect of ROS, the human body has very effective mechanisms, including antioxidant enzymes and non-enzymatic systems. The antioxidant systems that directly eliminate the radicals $O_2^{\cdot-}$ and H_2O_2 are the superoxide dismutase (Sod), catalase (Cat), and glutathione peroxidase (GPx). To protect against ROS, besides enzymatic systems, the organism has molecules which are not enzymes, but have the capacity to eliminate free radicals. These molecules are: glutathione, vitamins E and C, carotenoids, thiols, polyamines, and ascorbic acid [35-37]. There is also nitric oxide synthase (NOS), which is the enzyme responsible for synthesising nitric oxide. The biomarkers for oxidative stress more broadly found in obese patients are generally malondialdehyde (MDA), which is a product of the peroxidation of unsaturated fatty acids, as well as total antioxidant capacity, which provides important biological information about the health of the patient. This analysis examines the detoxification capacity of ROS, by the enzymes Sod, Cat, GPx, and molecules like ascorbic acid, α -tocopherol, β -carotene, reduced glutathione, uric acid, and bilirubin. The cooperation of all these antioxidant systems protects the patient from free radicals of oxygen and nitrogen, such that, if the antioxidant capacity is low, the patient is in a high level of oxidative stress.

In this work, we set out to assess whether a correlation exists between oxidative stress, overweight, and the polymorphisms *LEP* G-2548A and *LEPR* Q223R for both an indigenous population (Tepehuano) and a non-indigenous (Mestizo) population in Mexico.

Materials and Methods

Patients

In a cross-sectional study, comparing the relationship between two groups: Tepehuanos and Mestizos from the state of Durango, Mexico, 50 obese subjects and 50 healthy non-obese volunteers were identified and characterized. The obese patients were selected according to their body mass index (BMI), based on the criteria of the World Health Organization (WHO), who define obesity as a BMI ≥ 30 kg/m² [38]. None of the patients included in the study showed any cardiovascular, renal, hepatic, muscular, gastrointestinal, neurological, endocrine, hematopoietic disease, or any type of anemia, asthma, mental illness, or other organic abnormalities. In addition, from 90 days prior to the study and during the study period, the subjects did not receive any medication or drugs known as enzyme inducers or inhibitors that could interfere with analytical measurements of oxidative stress like antioxidant capacity and lipid peroxidation. Anthropometric measurements like height, weight, and waist size were taken individually in underwear and without shoes. This study was approved by Local Research Ethics and Investigation Committee of the General Hospital of Durango, Durango (ID: R-2007-901-5). Mestizo individuals came from the urban area of Durango City and indigenous individuals were from El Mezquital, a region in the south of the state of Durango, inhabited by native ethnias. In accordance with the Helsinki Declaration, a voluntary written consent was obtained from each participant.

Biochemical parameters

Using intravenous puncture, 10 mL of blood was extracted. The blood was collected in heparinized polypropylene tubes (2 drops of heparin per 10 mL of blood), mixed by inversion, and centrifuged at 3,000 rpm and 0°C for 10 min. The resulting plasma was separated into two aliquots and stored frozen at -70°C until analysis. Measurements of glucose, cholesterol, triglycerides, HDL, and LDL were determined using routine diagnostic reagents and enzymatic and colorimetric methods.

Plasma total antioxidant capacity

Total antioxidant capacity was determined by colorimetric assay with the Antioxidant Assay Kit (Cayman Chemical Company, USA). The assay is based on the ability of antioxidant systems present in the patient's plasma to inhibit the oxidation of 2,2'-azino-bis[3-ethylbenzothiazoline-6-sulphonic acid] (ABTS). The quantity of ABTS⁺ produced can be measured by reading absorbance between 405-450 nm. The absorbance is inversely proportional to the concentration of the antioxidants present in the patient's plasma. The capacity of the blood antioxidants to prevent the oxidation of ABTS to ABTS⁺ is compared with Trolox (a water soluble analog of tocopherol). The results were quantified as milliequivalent activity per milliliter of plasma. Generally, human plasma has an antioxidant capacity between 0.5-2.0 mM of Trolox equivalents [39,40].

Lipid peroxidation measurements

The determination of lipid peroxidation was based on the protocol specified in the TBARS (Thiobarbituric Acid Reactive Substances) Assay Kit (Cayman Chemical Company, USA). This method quantifies the reactive species of thiobarbituric acid (TBARS), which are produced by lipid peroxidation. These include malondialdehyde, which is the most abundant, stable, and most easily characterized. The maximum absorbance of these species is 532 nm and was determined using a spectrophotometer model UV/VIS OD 650 (Beckman). The results were expressed in nmol equivalents of MDA per milliliter of plasma. Typically normal human plasma has a lipid peroxidation expressed in MDA of 1.86-3.94 μ M [41,42].

Genotyping

The genotyping of the polymorphisms *LEP* G-2548A and *LEPR* Q223R was determined from total blood treated by alkalyne lysis, followed by PCR, using the primer pairs described previously [23,27,28,43]. The individual PCR's were done in a final volume of 25 μ L using 2 μ L of blood lysate as template, 1X PCR buffer, 2.0 mM MgCl₂, 0.2-0.25 mM of each dNTP, 2.5 pmol of each primer, and 1.0 U Taq DNA polymerase. The reaction mix was denatured for 5 min at 95°C, annealing at 58.5 °C for *LEP* G-2548A, then at 72°C for 60 s for 55 cycles, and for *LEPR* Q223R, annealing at 50.0 °C, then at 72 °C for 30 s for 55 cycles. The amplified fragments were from 242 bp for *LEP* G-2548A and 80 bp for *LEPR* Q223R. These PCR products were digested with 1.0 U of *Hha*I and *Msp*I restriction enzymes (Promega, Madison, WI. USA) respectively, according to the manufacturer's protocol. The digested samples were separated by electrophoresis on agarose gels at 2.0% and stained with ethidium bromide. The generation of fragments at 61 and 181 bp correspond to the *LEP* G-2548A polymorphism, and at 22 and 58 bp they correspond to the *LEPR* Q223R polymorphism in the studied populations.

Statistical analysis

For the analysis of variance, we used version 18 of SPSS statistical software. The ANOVA and Kruskal Wallis tests were used to evaluate the comparison between ethnic groups, while the Friedman test was used for comparison of the ethnic subgroups. For the analysis of simple correlation, we used the Kendall and Spearman for categorical variables and Pearson for quantitative variables. The differences between the means were compared with the LSD and TUKEY tests. Levels of significance were set at $P < 0.05$.

Results

The clinical and biochemical characteristics of the two study groups (Tepehuanos and Mestizos) are shown in Table 1. The body mass index in the group of obese individuals was 26.7 ± 7.76 ; 28.9 ± 3.3 , whereas in the non-obese group was (22.5 ± 1.69 ; 20.2 ± 1.77). The value for mean arterial pressure (MAP) of the overweight Tepehuano subjects was lower (82.9 ± 8.6) than it was for the Mestizo subjects (87.6 ± 9.4). It is worth mentioning that the MAP value for the Mestizo subjects was not expected, since normal weight subjects showed values (88.2 ± 7.6) that were similar to the overweight subjects (87.6 ± 9.4). Interestingly, the obese Tepehuano patients also had a similar MAP (82.9 ± 8.6) to the non-obese Tepehuanos (82.6 ± 9.5) and did not show a statistically significant difference among this ethnic group. Total cholesterol values did not show a statistically significant difference among the four study groups. But, surprisingly, the triglyceride values were higher in non-obese Mestizo subjects (153 ± 65.4) than in obese Mestizos (85.4 ± 111.4). This result is in contrast to the Tepehuano groups, where obese Tepehuanos patients had higher triglyceride levels (165.3 ± 103.3) than the non-obese (99.0 ± 41.0). These triglyceride values were higher in the overweight Tepehuano group. HDL values did not show a statistically significant difference in the Mestizo groups, whereas the non-obese Tepehuanos had a higher concentration of HDL (40.63 ± 12.1) than the obese (31.8 ± 5.9). LDL levels were significantly different in the Mestizo groups, while among the Tepehuanos there was no difference. The overweight Tepehuanos had a higher concentration of plasma VLDL (34.1 ± 18.7) than the non-obese subjects (19.9 ± 8.2), while the healthy Mestizos had a higher value of VLDL than the obese. Comparing the levels of VLDL between the two groups of obese patients, the Tepehuanos had the highest amount of plasma lipoproteins.

Comparison of genetic characteristics

The genotypic distribution of the alleles of the polymorphism G-2548A of *LEP* was in Hardy-Weinberg equilibrium, both for the Tepehuanos and for the Mestizos. For the polymorphism

Q223R of *LEPR*, for both the Mestizos and for the Tepehuanos the distribution was also in equilibrium.

G-2548A *LEP* polymorphism

The analysis of allele frequency in non-obese Tepehuanos showed that the heterozygous GA genotype accounted for 56%, while the wild homozygous GG was only 32%, with the lowest relative frequency for the mutated homozygous AA genotype at 12%. Meanwhile, Mestizo subjects had higher heterozygote GA frequencies with a value of 64%, and the wild GG homozygote was 28%. The lowest relative frequency was the mutated AA homozygous genotype at 8%. In the non-obese Tepehuano subjects, the A allele had a higher frequency (45%) than it did for the Mestizo subjects (40%). Interestingly, however, in the overweight/obese Mestizo individuals, the A allele frequency was higher (45%) than it was in the overweight/obese Tepehuano subjects (40%).

The distribution of allelic frequencies and genotypic frequencies for the polymorphism of G-2548A of *LEP* are shown in Table 2.

Q223R *LEPR* polymorphism

The analysis of allele frequency in non-obese Mestizos showed that the heterozygous QR genotype accounted for 47%, while the Tepehuano subjects had also values of 56% in heterozygote frequency and 32% in the wild QQ homozygous. The lowest relative frequency was the mutated homozygous RR genotype which was only 12%. In obese Mestizo subjects, the A allele showed a higher frequency (60%), compared to the Tepehuano subjects (56%). In the non-obese Tepehuano individuals, the frequency of the A allele was higher (60%) than in overweight/obese Mestizo subjects (50%). The distribution of allelic frequencies and genotypic frequencies for the polymorphism of Q223R of *LEPR* are shown in Table 3.

Association of genetic polymorphisms to clinical and biochemical characteristics and oxidative stress in Tepehuanos and Mestizos

BMI (body mass index)

Pearson correlation analysis showed a positive correlation of 0.5 for *LEPR* polymorphism to BMI in overweight/obese Tepehuano, while a negative correlation of -0.6 was found between *LEP* polymorphism and BMI in non-obese Mestizos.

Antioxidant Capacity

Antioxidant capacity not showed a correlation to the Q223R heterozygous genotype of the *LEPR* gene and G-2548A of *LEP* in non-obese, neither in overweight/obese Mestizos nor in either group of the Tepehuano subjects.

Lipoperoxidation

Correlation analysis found a positive correlation (0.5 p (0.01)) between the presence of the heterozygous GA genotype of *LEP* and lipoperoxidation in non-obese Tepehuano subjects (C.I. 95%: 0.13-0.74), this correlation is shown in Figure 5. The heterozygous genotype of the *LEPR* that was most common had a relation to the lipoperoxidation level (0.13 p(0.05)) in non-obese Mestizo populations (C.I. 95%: 0.52-0.2) but not in the Tepehuano population.

Discussion and Conclusion

The correlation between BMI and *LEPR* gene polymorphism was positive (P 0.50) in overweight/obese Mestizo subjects, although no such correlation was found among the other groups.

There was a negative correlation (P -0.6) between the *LEP* gene polymorphism and non-obese Mestizo subjects, which suggests that, for this group, the polymorphism is a protective factor against body mass increase, since this correlation did not exist in clinically healthy overweight/obese Mestizo subjects.

Values for oxidative damage (MDA) were independent of ethnic group membership and dependent on BMI. Obese subjects showed an adaptive response to the insult generated by overweight and obesity, and this response has been sufficient to prevent more oxidative damage. In other oxidative stress conditions, such as systemic sclerosis and physical exercise, there is often an increase in oxidative damage accompanied by increased total antioxidant capacity [44,45].

Antioxidant capacity was higher in both the overweight/obese and the non-obese Tepehuano than in the two groups of Mestizos. Lipoperoxidation was higher in non-obese Mestizos than in non-obese Tepehuanos. In both groups, other authors [46, 47] have reported that oxidative damage is higher when antioxidant capacity is lower and vice versa. However, in overweight/obese subjects this phenomenon is not observed, since overweight/obese Mestizo subjects have lower antioxidant capacity, which probably diminishes the use of antioxidant systems due to an increase in free radicals and ROS products from the physiopathology triggered by the gain in body mass at the expense of fatty tissues and deposits [48].

Carrying the wild genotype of the *LEP* gene is a protection factor against oxidative damage for non-obese Tepehuano subjects. However, when this population becomes overweight or obese, despite having a higher antioxidant capacity than overweight Mestizos, there is damage compared to the non-obese Mestizos. These findings suggest that obesity is probably conditioned to the decreased expression of the wild *LEP* genotype in Tepehuanos.

The populations studied did not show the characteristics reported above in terms of oxidative damage, which can be explained by the fact that all of the Mestizo and Tepehuano individuals were clinically healthy and the range of oxidative damage in the four groups was within normal values. However, we believe that it is still necessary to study other associations between genes and polymorphisms in order to characterize the relationship between antioxidant capacity and other antioxidant systems.

In summary, oxidative stress is related with the polymorphisms Q223R of the leptin gene (*LEPR*) negative in mestizos no obese and the obesity en tepehuan population, whereas G-2548A of the leptin receptor gene (*LEP*) is related with oxidative stress in no- obese tepehuan population.

Disclosure statement

The authors confirm that there is no conflict of interest associated with this manuscript.

Acknowledgments

The authors thank John Dye from CIATEJ for his help in reviewing and revising this manuscript.

References

Deswal A. Obesity, leptin, and incident heart failure. J Am Coll Cardiol. 2011 Oct 25;58(18):1878-80.

Giskes K, van Lenthe F, Avendano-Pabon M, Brug. A systematic review of environmental factors and obesogenic dietary intakes among adults: are we getting closer to understanding obesogenic environments? *J. Obes Rev.* 2011 May;12(5):e95-e106. doi: 10.1111/j.1467-789X.2010.00769.x.

Bender N, Allemann N, Marek D, Vollenweider P, Waeber G, Mooser V, Egger M, Bochud M Association between Variants of the Leptin Receptor Gene (LEPR) and Overweight: A Systematic Review and an Analysis of the CoLaus Study. *PLoS One.* 2011;6(10):e26157. Epub 2011 Oct 18.

Schelbert KB. Comorbidities of obesity. *Prim Care.* 2009 Jun;36(2):271-85.

Samanic C, Chow WH, Gridley G, Jarvholm B, Fraumeni JF Jr. Relation of body mass index to cancer risk in 362,552 Swedish men. *Cancer Causes Control.* 2006 Sep;17(7): 901-9.

Enns JE, Taylor CG, Zahradka P. Variations in Adipokine Genes AdipoQ, Lep, and LepR are Associated with Risk for Obesity-Related Metabolic Disease: The Modulatory Role of Gene-Nutrient Interaction. *J Obes.* 2011;2011:168659. Epub 2011 Apr 19.

De Luis DA, Gonzalez Sagrado M, Aller R, Izaola O, Conde R, Castro M. Lys656Asn polymorphism of leptin receptor gene and metabolic syndrome in obese patients. *J.Eur Rev Med Pharmacol Sci.* 2011 May;15(5):463-8.

Raj M, Kumar RK. Obesity in children & adolescents. *Indian J Med Res.* 2010 Nov;132(5):598-607.

Jennifer Asanin Dean and Susan J. Elliott. Prioritizing Obesity in the City. *Journal of Urban Health : Bulletin of the New York Academy of Medicine* doi:10.1007/s11524-011-9620-3. 2011.

Choi SW, Friso S. Epigenetics: A New Bridge between Nutrition and Health. *Adv Nutr (Bethesda).* 2010 Nov;1(1):8-16. Epub 2010 Nov 16.

Yu CH, Zinman B. Type 2 diabetes and impaired glucose tolerance in aboriginal populations: a global perspective. *Diabetes Res Clin Pract.* 2007 Nov;78(2):159-70. Epub 2007 May 9.

Stoddard P, Handley MA, Vargas Bustamante A, Schillinger D. The influence of indigenous status and community indigenous composition on obesity and diabetes among Mexican adults. *Soc Sci Med.* 2011 Dec;73(11):1635-43. Epub 2011 Sep 29.

Rodríguez-Morán M, Guerrero-Romero F, Rascón-Pacheco RA; Multidisciplinary Research Group on Diabetes of the Instituto Mexicano del Seguro Social. Dietary factors related to the increase of cardiovascular risk factors in traditional Tepehuano communities from Mexico. A 10 year follow-up study. *Nutr Metab Cardiovasc Dis.* 2009 Jul;19(6):409-16. Epub 2009 Jan 17.

Rodríguez-Morán M, Guerrero-Romero F, Brito-Zurita O, Rascón-Pacheco RA, Pérez-Fuentes R, Sánchez-Guillén MC, González-Ortiz M, Martínez-Abundis E, Simental-Mendía LE, Madero A, Revilla-Monsalve C, Flores-Martínez SE, Islas-Andrade S, Cruz M, Wacher N, Sánchez-Corona. Cardiovascular risk factors and acculturation in Yaquis and Tepehuano Indians from Mexico. *J.Arch Med Res.* 2008 Apr;39(3):352-7

Contreras AV, Monge-Cazares T, Alfaro-Ruiz L, Hernandez-Morales S, Miranda-Ortiz H, Carrillo-Sanchez K, Jimenez-Sanchez G, Silva-Zolezzi I. Resequencing, haplotype construction and identification of novel variants of CYP2D6 in Mexican Mestizos. *Pharmacogenomics.* 2011 May;12(5):745-56. Epub 2011 Mar 11.

Sosa-Macías M, Elizondo G, Flores-Pérez C, Flores-Pérez J, Bradley-Alvarez F, Alanis-Bañuelos RE, Lares-Asseff I. CYP2D6 genotype and phenotype in Amerindians of Tepehuano origin and Mestizos of Durango, Mexico. *J Clin Pharmacol*. 2006 May;46(5):527-36.

Silva-Zolezzi I, Hidalgo-Miranda A, Estrada-Gil J, Fernandez-Lopez JC, Uribe-Figueroa L, Contreras A, Balam-Ortiz E, del Bosque-Plata L, Velazquez-Fernandez D, Lara C, Goya R, Hernandez-Lemus E, Davila C, Barrientos E, March S, Jimenez-Sanchez G. Analysis of genomic diversity in Mexican Mestizo populations to develop genomic medicine in Mexico. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2009 May 26;106(21):8611-6. Epub 2009 May 11.

Johnson NA, Coram MA, Shriver MD, Romieu I, Barsh GS, London SJ, Tang H. Ancestral components of admixed genomes in a Mexican cohort. *PLoS Genet*. 2011 Dec;7(12):e1002410. doi: 10.1371/journal.pgen.1002410. Epub 2011 Dec 15.

Guerrero-Romero F, Rodríguez-Morán M, Sandoval-Herrera F. Low prevalence of non-insulin-dependent diabetes mellitus in indigenous communities of Durango, Mexico. *Arch Med Res*. 1997 Spring;28(1):137-40.

Barsh GS, Schwartz MW. Genetic approaches to studying energy balance: perception and integration. *Nat Rev Genet*. 2002 Aug;3(8):589-600.

Pisabarro R. Leptina: una hormona secretada por el tejido adiposo (primer estudio en muestra poblacional uruguaya). *Rev Med Uruguay* 1999; 15: 43-8.

Bender N, Allemann N, Marek D, Vollenweider P, Waeber G, Mooser V, Egger M, Bochud M. Association between Variants of the Leptin Receptor Gene (LEPR) and Overweight: A Systematic Review and an Analysis of the CoLaus Study. *PLoS One*. 2011;6(10):e26157. Epub 2011 Oct 18.

Duarte SF, Francischetti EA, Genelhu VA, Cabello PH, Pimentel MM. LEPR p.Q223R, beta3-AR p.W64R and LEP c.-2548G>A gene variants in obese Brazilian subjects. *Genet Mol Res*. 2007 Oct 5;6(4):1035-43.

Constantin A, Costache G, Sima AV, Glavce CS, Vladica M, Popov DL. Leptin G-2548A and leptin receptor Q223R gene polymorphisms are not associated with obesity in Romanian subjects. *Biochem Biophys Res Commun*. 2010 Jan 1;391(1):282-6. Epub 2009 Nov 12.

Poitou C, Lacorte JM, Coupaye M, Bertrais S, Bedel JF, Lafon N, Bouillot JL, Galan P, Borson-Chazot F, Basdevant A, Coussieu C, Clément K. Relationship between single nucleotide polymorphisms in leptin, IL6 and adiponectin genes and their circulating product in morbidly obese subjects before and after gastric banding surgery. *Obes Surg*. 2005 Jan;15(1):11-23.

Wang TN, Huang MC, Chang WT, Ko AM, Tsai EM, Liu CS, Lee CH, Ko YC. G-2548A polymorphism of the leptin gene is correlated with extreme obesity in Taiwanese aborigines. *Obesity (Silver Spring)*. 2006 Feb;14(2):183-7.

Mammès O, Betoulle D, Aubert R, Herbeth B, Siest G, Fumeron F. Association of the G-2548A polymorphism in the 5' region of the LEP gene with overweight. *Ann Hum Genet*. 2000 Sep;64(Pt 5):391-4.

Le Stunff C, Le Bihan C, Schork NJ, Bougnères P. A common promoter variant of the leptin gene is associated with changes in the relationship between serum leptin and fat mass in obese girls. *Diabetes*. 2000 Dec;49(12):2196-200.

Paracchini V, Pedotti P, Taioli E. Genetics of leptin and obesity: a HuGE review Am J Epidemiol. 2005 Jul 15;162(2):101-14. Epub 2005 Jun 22..

Heo M, Leibel RL, Fontaine KR, Boyer BB, Chung WK, Koulu M, Karvonen MK, Pesonen U, Rissanen A, Laakso M, Uusitupa MI, Chagnon Y, Bouchard C, Donohoue PA, Burns TL, Shuldiner AR, Silver K, Andersen RE, Pedersen O, Echwald S, Sørensen TI, Behn P, Permutt MA, Jacobs KB, Elston RC, Hoffman DJ, Gropp E, Allison DB. A meta-analytic investigation of linkage and association of common leptin receptor (LEPR) polymorphisms with body mass index and waist circumference. Int J Obes Relat Metab Disord. 2002 May;26(5):640-6.

Heo M, Leibel RL, Boyer BB, Chung WK, Koulu M, Karvonen MK, Pesonen U, Rissanen A, Laakso M, Uusitupa MI, Chagnon Y, Bouchard C, Donohoue PA, Burns TL, Shuldiner AR, Silver K, Andersen RE, Pedersen O, Echwald S, Sørensen TI, Behn P, Permutt MA, Jacobs KB, Elston RC, Hoffman DJ, Allison DB. Pooling analysis of genetic data: the association of leptin receptor (LEPR) polymorphisms with variables related to human adiposity.

Mattevi VS, Zembruski VM, Hutz MH. Association analysis of genes involved in the leptin-signaling pathway with obesity in Brazil. Genetics. 2001 Nov;159(3):1163-78. Int J Obes Relat Metab Disord. 2002 Sep;26(9):1179-85.

Fernández-Sánchez A, Madrigal-Santillán E, Bautista M, Esquivel-Soto J, Morales-González A, Esquivel-Chirino C, Durante-Montiel I, Sánchez-Rivera G, Valadez-Vega C, Morales-González JA. Inflammation, oxidative stress, and obesity. Int J Mol Sci. 2011;12(5):3117-32. Epub 2011 May 13.

Beltowski J, Wójcicka G, Marciniak A, Jamroz A. Oxidative stress, nitric oxide production, and renal sodium handling in leptin-induced hypertension. Life Sci. 2004 Apr 30;74(24):2987-3000.

Gutteridge, J. M. Biological origin of free radicals, and mechanisms of antioxidant protection. Chem Biol Interact 1994; 91, 133-140.

Sies, H. Oxidative stress: oxidants and antioxidants. Exp Physiol. 1997; 82, 291-295.

Packer, J. E., Slater, T. F., and Willson, R. L. Direct observation of a free radical interaction between vitamin E and vitamin C. Nature 1979; 278, 737-738.

Alberti KG, Zimmet P, Shaw J. Metabolic syndrome-a new world-wide definition. A Consensus Statement from the International Diabetes Federation. *Diabet Med*. 2006 May;23(5):469-80

Rice-Evans, C., and Miller, N. Total antioxidant status in plasma and body fluids. *Methods Enzymol* 1994; 234(24) 279-293

Miller, N.J., Rice-Evans, C., and Davies, M.J. A new method for measuring antioxidant activity. *Biochem Soc Trans*. 1993; 21 95S.

Yagi, K. Simple assay for the level of total lipid peroxides in serum or plasma. *Methods Mol Biol*. 1998; 108 101-106

Richard, M., Portal, B., Meo, J., *et al*. Malondialdehyde kit evaluated for determining plasma and lipoprotein fractions that react with thiobarbituric acid. *Clin Chem*.1992; 38(5) 704-709

Matsuoka, N; Ogawa, Y; Hosoda, K; Matsuda, J et al.. Human leptin receptor gene in obese Japanese subjects: evidence against either obesitycausing mutations or association of sequence variants with obesity. *Diabetologia*. 1997; 40: 1204–12.

Ogawa F, Shimizu K, Muroi E, Hara T, and Sato S. Increasing levels of serum antioxidant status, total antioxidant power, in systemic sclerosis. Clin Rheumatol 2011; 30: 921-925.

Traustadóttir T, Davies SS, Su Y, et al. Oxidative stress in older adults: effects of physical fitness. Age (Dordr) 2011; 10.1007/s11357-011-9277-6 (accessed 14 jun 2011).

Goulart M, Batoreu MC, Rodrigues AS, Laires A, Rueff J. Lipoperoxidation products and thiol antioxidants in chromium exposed workers. Mutagenesis 2005;20(5):311-5.

Chrysohoou C, Panagiotakos DB, Pitsavos C, Skoumas I, Papademetriou L, Economou M, Stefanadis C. The implication of obesity on total antioxidant capacity in apparently healthy men and women: the ATTICA study. 2007 Oct;17(8):590-7. Epub 2006 Aug 9.

Puchau B, Ochoa MC, Zulet MA, Marti A, Martínez JA, Members G. Dietary total antioxidant capacity and obesity in children and adolescents. Int J Food Sci Nutr. 2010 Nov; 61(7):713-21.

Aprovechamiento del hongo *Matsutake tricholoma magnivelare* (peck) redhead en Durango, México.

**Naranjo Jiménez Néstor^{1,3}, Sánchez López Diana L.⁴, Herrera Corral Jesús^{1,3},
Uribe Soto Natividad^{1,3}, Almaraz Abarca Norma^{1,3}, Rosas Medina Imelda²,
Colmenero Robles Aurelio².**

¹Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional (CIIDIR)-Unidad Durango, Instituto Politécnico Nacional. Sigma 119, Fraccionamiento 20 de Noviembre II, Durango, Durango, México, 34220. ²Secretaría de Investigación y Posgrado (SIP), Instituto Politécnico Nacional. 2º piso del edificio de la Secretaría Académica. México, D. F. ³Becario COFAA y/o EDI, ⁴Graduada de la Maestría en Gestión Ambiental-CIIDIR-IPN.

nnaranjo@ipn.mx

Resumen

En México la colecta del hongo matsutake (*Tricholoma magnivelare*) que es el sustituto de *Tricholoma matsutake*, es realizado en varios estados del país, para atender la demanda del mercado japonés desde finales de los años 80's. Su aprovechamiento se caracteriza por una alta presión extractiva motivada por el alto precio al que es pagado. Casos documentados se encuentran en el estado de Oaxaca. En el presente trabajo se analizó la problemática en torno al aprovechamiento de *T. magnivelare* en el municipio de Pueblo Nuevo, Durango a través de: a) análisis documental, b) estudio etnomicológico, c) estudio cuantitativo. En los ejidos La Campana y La Ciudad como áreas de estudio durante el periodo 2010-2012. Los resultados del estudio etnomicológico mostraron que *T. magnivelare* no es una especie tradicional y que prevalece un interés económico inmediato. Los resultados del análisis documental sugirieron que su aprovechamiento se realiza sin ningún esquema técnico, organizativo ni de planeación que determine aspectos clave como la tasa de aprovechamiento. La ausencia de estos esquemas se debe a la poca difusión entre los recolectores de los instrumentos jurídicos en materia de hongos silvestres y el aplazamiento de su implementación. La fase cuantitativa mostró un panorama restrictivo en cuanto a la biomasa disponible en términos pluviales y de distribución. Frente a dicha problemática, es valioso conservar la información que los recolectores han aprehendido respecto a esta especie y canalizarla a la elaboración de productos de valor agregado para su comercialización en el mercado

japonés, nacional y regional, además de implementar las acciones apropiadas que consoliden la recolección en términos sustentables e institucionales.

Palabras clave: Etnomicología, hongos silvestres, matsutake americano, normatividad.

Abstract

In Mexico the harvest of matsutake mushrooms (*Tricholoma magnivelare*), that is a substitute of *Tricholoma matsutake*, is made in some states of country, to complement the demand in the Japanese market since the late 80's. Its harvest is characterized by a high extractive pressure motivated by the price that is paid. Documented cases have occurred in the state of Oaxaca. This paper analyzed the problematic around *T. magnivelare* harvest in Pueblo Nuevo, Durango through four phases: a) documental analysis, b) ethnomycological study, c) quantitative study. The Ejido La Campana and Ejido La Ciudad were used as a theoretical sample during 2010-2012. The results of the ethnomycological study showed that *T. magnivelare* is not a traditional species and that prevails an immediate economic interest. The results of documental analysis suggested that its harvest is performed without any technical, organizational, and planning structure that allow determining key issues such as the rate of exploitation. The absence of these structures is due to the low diffusion of legal instruments, concerning the wild mushrooms, among gatherers and its delayed implementation. The results of quantitative study showed a restrictive panorama of available biomass in terms of geographical distribution and rainfall. Faced with this problems, it is important to preserve the information apprehended by the gatherers about this species and for elaboration added value products to your commercialization in the Japanese market, nationals and in the zones, and implement the proper actions to consolidate the harvest of this species fungus in sustainable and institutional terms.

Key words: American matsutake, ethnomycology, normativity, wild mushrooms.

Antecedentes

Los productos forestales no maderables (PFNM) son aquellos bienes de origen biológico diferente a la madera, leña o carbón, así como a los servicios que los ecosistemas proveen (servicios ambientales)⁵. Muchos productos son actualmente explotados comercialmente para su uso en todo el mundo, aunque la mayoría son de autoconsumo y forman parte del sistema económico productivo informal por lo cual sus estadísticas, así como su participación en la contabilidad nacional, es dejada de lado (UNEP-ONU, 2003). En México el aprovechamiento doméstico de los recursos forestales no maderables para la obtención de bienes y servicios (alimento, materiales para la construcción, remedios medicinales, parte fundamental en rituales y prácticas religiosas) se remonta a épocas prehispánicas (FAO, 1995) y desde entonces han sido elemento importante en la definición del desarrollo socioeconómico e identidad cultural de muchas regiones rurales del país (López *et al.*, 2005).

Actualmente en México los productos que contribuyen a las estadísticas de producción no maderable es la tierra de monte, seguida de los denominados otros productos (hongos, semillas, hojas, nopal, tallos, frutos, musgo y heno) y resinas. El interés por los hongos silvestres comestibles (HSC) como PFNM se sintetiza en los siguientes puntos (FAO, 2004): Son fuente de alimento rico en nutrientes y propiedades medicinales, fuentes de ingresos por su comercialización local e internacional y porque mantienen la salud de los bosques mediante las micorrizas.

Alvarado y Benítez (2009) mencionan que los HSC en México son probablemente el PFM más conocido de los que dependen muchos hogares, su recolección está asociada a otras actividades de recolección (leña, plantas medicinales y otros productos no maderables) y es llevada a cabo como una actividad extra a la agricultura (Martínez *et al.*, 2002). Su uso y comercialización forman parte de un esquema ancestral de subsistencia arraigado principalmente en el centro y sureste del país, donde las evidencias arqueológicas, lingüísticas y etnológicas lo confirman (Pérez *et al.*, 2011).

La comercialización de HSC en México puede agruparse en: autoconsumo, comercialización directa por los recolectores nativos, comercialización a través de intermediarios y exportación a mercados internacionales. Este último grupo involucra un número reducido de especies, principalmente *Boletus edulis s. l.*, *Amanita caesarea s. l.*, *Morchella* spp, *Cantharellus cibarius* y *Tricholoma* spp. (Pérez *et al.*, 2011). En términos de volumen, *Morchella conica* y *Morchella esculenta* representan, después de *Tricholoma magnivelare*, los más exportados por México (Edouard, 2003).

En países como China, Corea y Japón, *T. matsutake* es considerada una delicia culinaria altamente cotizada por su fuerte sabor y aroma (Martínez *et al.*, 2002). En México el alto valor de esta especie ha provocado una alta presión extractiva, perturbación excesiva del hábitat y disminución de la abundancia del recurso en distintas localidades (Alvarado y Benítez, 2009). En nuestro país se le aprovecha principalmente en los estados de Hidalgo, Veracruz, México, Oaxaca, Durango, Michoacán y Puebla, siendo los cuatro primeros los más productivos. La producción nacional de *T. magnivelare* se incrementó de 2 t en 1991 a 31 t en 1995, después de este año se observó un decremento atribuido a las condiciones climáticas adversas provocadas por el fenómeno de “El Niño” en los años de 1996 y 1997 (Zamora y Nieto de Pascual, 2004).

En el año de 1997 por primera vez el acta botánica mexicana reportaba de manera preliminar el estatus de *T. magnivelare* como “vulnerable” por riesgo de destrucción de su hábitat (Vovides *et al.*, 1997). Y no fue hasta el año 2002, cuando la SEMARNAT a través de la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2001 publicada el 6 de marzo (DOF, 2002), reportó a la especie dentro de la categoría “Sujeta a protección especial”, categoría que se reafirmó en la NOM-059-SEMARNAT-2010 (DOF, 2010). En el estado de Durango se sabía de la colecta y comercialización del hongo matsutake, pero no se tenía un estudio formal sobre el status de este recurso, por ello se planteó el presente trabajo el objetivo fue analizar la problemática en torno al aprovechamiento de *T. magnivelare* en el municipio de Pueblo Nuevo, Durango.

Materiales y métodos.

1. Análisis documental. Se hizo una revisión de documentos relacionados con el aprovechamiento, reglamentación y manejo de esta especie, para analizar las concordancias e incongruencias encontradas en la información comprendida.

a) Leyes y reglamentos en materia de aprovechamiento del recurso, b) Solicitudes presentadas y autorizadas por las instancias correspondientes en materia de aprovechamiento de hongos silvestres comestibles, c) Programas de manejo de las unidades de manejo para la conservación de la vida silvestre (UMA's) autorizadas para el aprovechamiento de hongos silvestres comestibles en el municipio de Pueblo Nuevo y d) Informes anuales presentados por las UMA's.

2. Estudio etnomicológico. Se recopiló información de la población del municipio de Pueblo Nuevo a fin de calcular el Índice de Significancia Cultural de Hongos Silvestres Comestibles (ISCHSC) (Garibay *et al.*, 2007) y determinar la importancia y el nivel de noción de *T.*

magnivelare en comparación con las principales especies consumidas en el municipio. Se aplicaron 100 encuestas apoyadas de una lámina ilustrada con las principales especies consumidas en el municipio (Ávila, 2003; Sánchez, 2004; Andrade, 2001; Díaz *et al.*, 2005) más la imagen de *T. magnivelare*. Se aplicaron de manera aleatoria y personal a hombres y mujeres mayores de 18 años que radicaran en el municipio, los días sábados y domingos en la cabecera municipal de Pueblo Nuevo, donde los habitantes de la región realizan sus compras de alimentos e insumos para sus comunidades.

La encuesta se validó con 20 aplicaciones piloto, mediante el método Coeficiente Alfa de Cronbach utilizando el software STATISTICA 7.0

3. Estudio cuantitativo de la biomasa. Esta fase se enfocó a la determinación de la capacidad de recolección de biomasa de las personas dedicadas a esta actividad, se realizaron muestreos en la UMA del ejido La Campana. Se realizaron semanalmente durante el periodo de lluvias del año 2011. Los recorridos tuvieron una duración aproximada de ocho horas, dando inicio a las 07:00 hrs. horario establecido por disponibilidad de los recolectores. Se colectaron los esporomas presentes de *Tricholoma magnivelare*.

Resultados y discusión

1. Análisis documental. Los instrumentos jurídicos vigentes en México en materia de protección, conservación y aprovechamiento de Hongos Silvestres, se presentan en los apartados sucesivos en orden jerárquico (Zamora y Segundo, 2010; DOF, 2012a; DOF, 2012b; DOF, 2005; DOF, 2011; DOF, 2006; DOF, 2010; DOF, 2003). Los señalamientos sobre especies en categoría de riesgo llegaron a ser aplicables a *T. magnivelare* hasta la generación y publicación de la NOM-059-SEMARNAT-2010 en su primera versión en el año 2001, cuando se le incluyó en el primer listado de especies de hongos en categoría de riesgo. La NOM-010-SEMARNAT-1996 advertía inicialmente los posibles impactos negativos que la alta presión extractiva sobre *T. magnivelare* podría generar sobre las poblaciones naturales.

La Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, *Referente a la Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo*.

En su Anexo Normativo III.- Lista de especies en riesgo. La especie *Tricholoma magnivelare* se encuentra en estatus sujeta a protección especial.

Al respecto, Zamora y Segundo (2010) mencionan que la inclusión de esta especie (junto con *Boletus edulis*) en dicha categoría en la reforma del 6 de marzo de 2002, está debidamente justificada por Método de Evaluación de Riesgo de Extinción de Especies Silvestres de México (MER), sin embargo este dato no se indica en la última reforma de la norma del 2010.

Cabe destacar que en el año 2002, la oficina estatal de la SEMARNAT en Durango divulgó un listado preliminar de cuatro especies de hongos en categoría de riesgo en esa entidad (de acuerdo a la NOM-059-SEMARNAT-2001 publicada el 6 de marzo de 2002), indicando entre ellos, que *T. magnivelare* se encuentra sujeta a protección especial.

2. Estudio etnomicológico. El aprovechamiento y consumo de hongos silvestres se encuentra en la parte central y sureste del país, donde es una actividad histórica arraigada a la cultura de grupos étnicos y/o rurales ubicados en zonas boscosas (Estrada *et al.*, 2009). Esta relevancia social e histórica se modifica a medida que se transita hacia las zonas del norte, debido a la adaptación de la forma de vida y cultura de los distintos grupos sociales a las particularidades medioambientales (Linares, 2008). En algunas regiones del norte del país se ha reportado el

consumo de especies de hongos comestibles. En el estado de Durango existe consumo tradicional de algunas especies del complejo *Amanita caesarea s.l.* (Leonardo García-Rodríguez, INIFAP Durango, comunicación personal, tomado de Pérez *et al.*, 2010) y otras especies como las reportadas por González (1991). La validación de la encuesta mediante el software STATISTICA 7.0 mostró que el instrumento fue confiable con un Coeficiente de Alfa de Cronbach de 0.9156.

La población encuestada estuvo compuesta por 55% mujeres y 45% hombres; 36% de edades mayores a 50 años, 26% entre 29 y 39 años, 22% entre 18 y 28 años, y 16% entre 40 y 50 años. Se tiene una proporción similar en cuanto a la escolaridad primaria y secundaria con 44% y 35%, respectivamente; bachillerato con 14% y licenciatura 7%.

Es importante subrayar que el género no marcó diferencias en la mejor o mayor identificación de especies. Las edades reflejan que las especies *Amanita caesarea s.l.*, *Ramaria flava*, *Agaricus campestris* e *Hypomyces lactifluorum* son de dominio general, ya que su mención es alta y se distribuye homogéneamente entre los rangos de edad considerados (Figura 12). El nivel de escolaridad refleja que a mayor edad prevalece un menor nivel educativo, situación que presenta más del 50% de los entrevistados (Figura 13) y confirma el grado de marginación medio del municipio de acuerdo a CONAPO (2010). Dicha información advierte sobre el papel que la recolección de hongos silvestres comestibles juega en la población,

El ISCHSC en el municipio de Pueblo Nuevo apuntó que *A. caesarea s. l.* posee el índice máximo con 523.67 puntos, seguido de *H. lactifluorum* con 355.78, *R. flava* con 317.82 y *A. campestris* con 224.97, reduciéndose a cuatro especies principales de importancia comestible.

3. Estudio cuantitativo de la biomasa. La recolección de hongos les representa una actividad alternativa de la que obtienen el alimento diario e incluso ingresos económicos derivados de la venta. Hasta el momento, la recolección de *T. magnivelare* ha logrado convocar a un grupo tentativo de cinco personas en el ejido La Ciudad, mientras que en el ejido La Campana solo son dos personas las que la realizan.

En los ejidos la campana y la ciudad la biomasa colectada fue dispar, siendo favorable a los colectores de la ciudad, como se muestra en el cuadro 1. El ingreso derivado de la venta de *T. magnivelare* de primera calidad ha mantenido su máximo en un rango de \$100.00-\$150.00/kg, mientras que el de segunda y tercera calidad disminuyen por lo general a \$80.00/kg y \$70.00/kg, respectivamente.

Cuadro 1. Comparativo de biomasa de *T. magnivelare* recolectada.

Ejido La Campana		Ejido La Ciudad	
Fecha	Cantidad ¹ (kg)	Fecha	Cantidad ² (kg)
06/08/2011	1.05	05/08/2011	7
		12/08/2011	17
14/08/2011	2.34	13/08/2011	23
		15/08/2011	9
		17/08/2011	26
		19/08/2011	19

21/08/2011	1.05	20/08/2011	21
		23/08/2011	9
		25/08/2011	32
		27/08/2011	7
		28/08/2011	17
-----		-----	
Total	4.44		187
-----		-----	

¹ Cantidad similar a la mencionada por los recolectores del ejido La Campana para el año 2010 (4 kg).

² Información de la bitácora proporcionada por los recolectores del ejido La Ciudad.

Los medios descritos y la información aprehendida influyen definitivamente en la percepción y perspectivas sociales del recurso. Como consecuencia, se tiene que considerar el impacto en la economía local, ya que se reconoce por voz de los recolectores que es la especie “*que más vale la pena*”.

Conclusiones

Se recomienda a los recolectores y personal técnico responsable la consulta y adopción de las acciones sugeridas en el documento “Modelos predictivos para la producción de Productos Forestales No Maderables: Hongos” (Zamora *et al.*, 2009) ya que tienen las condiciones requeridas, a fin de que las perspectivas del recurso se concreten y que el ejido se consolide como pionero en el aprovechamiento sustentable de hongos silvestres comestibles y en particular de *T. magnivelare*.

Referencias

Alvarado C., G. y Benítez, G. 2009. El enfoque de agroecosistemas como una forma de intervención científica en la recolección de hongos silvestres comestibles. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. Número 10: 531-539.

Andrade H., S. A. 2001. Análisis proximal de hongos comestibles silvestres de la región de El Salto P. N., Dgo. Tesis de licenciatura. Instituto Tecnológico de Durango. Durango, México. 56 p.

Ávila F., I. J. 2003. Micocenología de *Amanita caesarea* (Socp ex Fr.) en la zona de El Salto Pueblo Nuevo, Dgo. Tesis de licenciatura. Instituto Tecnológico Agropecuario No.1. Durango, México. 49 p.

CONAPO. 2010. Índices de marginación a nivel localidad. México, D. F.

DOF. 2002. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2001: Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. Marzo 6. México, D. F. 78 p.

DOF. 2003. Norma Oficial Mexicana NOM-010-SEMARNAT-1996 que establece los procedimientos, criterios y especificaciones para realizar el aprovechamiento, transporte y almacenamiento de hongos. Abril 23. México, D. F. 10 p.

DOF. 2005. Reglamento de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable, última reforma. Febrero 21. México, D. F. 44 p.

DOF. 2006. Reglamento de la Ley General de Vida Silvestre. Noviembre 30. México, D. F. 43 p.

DOF. 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010: Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo, última reforma. Diciembre 30. México, D. F. 78 p.

DOF. 2011. Ley General de Vida Silvestre, última reforma. Noviembre 30. México, D. F. 53 p.

Díaz M., R., Marmolaje M., J. G. y Valenzuela, R. 2005. Flora micológica de bosques de pino-encino en Durango, México. Ciencia UANL 8 (3): 362-369.

DOF. 2012a. Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable, última reforma. Abril 23. México, D. F. 73 p.

DOF. 2012b. Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, última reforma. Abril 24. México, D. F. 110 p.

DOF. 2012c. Proyecto de Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-005-SEMARNAT-2012, Que establece los criterios para realizar el aprovechamiento sustentable de los recursos forestales no maderables existentes en los ecosistemas forestales; bosques de clima templado frío, selvas y zonas áridas y semiáridas-Especificaciones técnicas. Julio 30. México, D. F. 16 p.

Edouard, F. y Quero, R. 2005. Hongos de la Sierra Norte de Oaxaca: del bosque a las cocinas internacionales. pp. 49-55. *In* López, C., Chanfón, S. y Segura, G. (Eds.). 2005. La riqueza de los bosques mexicanos: más allá de la madera. Experiencias de comunidades rurales. SEMARNAT-CECADESU-CONAFOR-CIFOR-INE. México, D. F. 202 p.

Estrada M., E., Guzmán, G., Cibrián T., D. y Ortega P., R. 2009. Contribución al conocimiento etnomicológico de los hongos comestibles silvestres de mercados regionales y comunidades de la Sierra Nevada (México). INTERCIENCIA 34(1): 25-33.

FAO. 1995. Memoria-Consulta de expertos sobre productos forestales no madereros para América Latina y el Caribe. Serie Forestal No. 1. Dirección de Productos Forestales, Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe, Santiago de Chile.

FAO. 2000. Evaluación de los Recursos Forestales Mundiales. Informe principal. Roma, Italia. pp.: 81-100.

FAO. 2004. Los hongos silvestres comestibles: perspectiva global de uso e importancia para la población, por E. Boa. Productos Forestales No Madereros, No. 17. Roma.

Garibay O., R., Caballero, J., Estrada T., A. y Cifuentes, J. 2007. Understanding cultural significance, the edible mushrooms case. Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine 3 (4): 1-18.

Linares N., F. 2008. Los pueblos indígenas de México. Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas. México, D. F. 141 p.

López, C., Chanfón, S. y Segura, G. (Eds.). 2005. La riqueza de los bosques mexicanos: más allá de la madera. Experiencias de comunidades rurales. SEMARNAT, CECADESU, CONAFOR, PROCYMAF II, CIFOR. 194 p.

Martínez C., D., Morales, P., Pellicer G., E., León, H., Aguilar, A., Ramírez, P., Ortega, P., Largo, A., Bonilla, M. y Gómez, M. 2002. Studies on the traditional management, and processing of matsutake mushrooms in Oaxaca, Mexico. *Micología Aplicada Internacional* 2(14): 25-43.

Pérez M., J., Lorenzana F., A., Carrasco H., V. y Yescas P., A. 2011. Los hongos comestibles silvestres del Parque Nacional Izta-Popo, Zoquiapan y Anexos. Colegio de Postgraduados, SEMARNAT, CONACyT. Montecillo, Texcoco, Estado de México. 167 p.

UNEP-ONU. 2003. Convenio Sobre la Diversidad Biológica UNEP/CBD/SBSTTA/9/9/Add.2.

Vovides A., P, Luna, V. y Medina, G. 1997. Relación de algunas plantas y hongos mexicanos raros, amenazados o en peligro de extinción y sugerencias para su conservación. *Acta Botánica Mexicana* 39: 1-42.

Zamora M., M. C. y Nieto de Pascual P., C. 2004. Studies of *Tricholoma magnivelare* in Mexico. *Micología Aplicada Internacional* 1 (16): pp 13-23.

Zamora M., M. C., Velasco B., E., González H., A., Nieto de Pascual P., C., Moreno S., F., Romero S., M. E. y Flores G., A. 2009. Modelos Predictivos para la Producción de Productos Forestales No Maderables: Hongos. Manual Técnico Núm. 1. CENID-COMEF. INIFAP, México, D.F. México, 56 p.

Workcloud, una herramienta tecnológica para el apoyo a la investigación y al servicio de las políticas ambientales en el ITESCO

L.I. Paz Quiané M.A.♣, I.S.C. Guerrero Sánchez M.E.♣, M.C. Velasco Bernal A.♦, Chacón Alcalá G.♣, Domínguez Soriano O.♣.

♣ Instituto Tecnológico Superior de Coatzacoalcos,

♦ Instituto Tecnológico Superior de Las Choapas

**aurora_paz_qui@hotmail.com, eli_guessa@yahoo.com.mx,
avvbernal@hotmail.com, chacon_kof@hotmail.com,
odominguez_sisc@hotmail.com**

Resumen

La conciencia ambiental en las organizaciones es creciente, lo que ha provocado que, en ámbitos públicos y privados, se dicten cada vez más y mejores prácticas para el cuidado ambiental. Generando modificaciones a las políticas organizacionales, lo cual es la respuesta a la preocupación y desarrollo de objetivos orientados al cuidado y mejora del medio ambiente, tal como lo exige la norma ISO 4001 en un Sistema de Gestión Ambiental.

La sinergia del Depto. de Posgrado e Investigación del Instituto propuso automatizar y digitalizar los procesos inherentes al registro y seguimiento de las actividades de investigación llevadas a cabo por docentes investigadores y alumnos que colaboran en conjunto con éste departamento.

“WorkCloud” es una plataforma en la que se fusionaron las características de dos tecnologías actuales: “Repositorio institucional” y “Computo en la nube”, desarrollada para automatizar el registro, recuperación, monitoreo y seguimiento de las actividades de Investigación del departamento correspondiente. Con esta herramienta se logró atender el cumplimiento de la política ambiental al reducir

significativamente el consumo de papel y consumibles para impresión y distribución teniendo como consecuencia la obtención de espacios limpios.

Palabras clave: Cómputo en la nube - Política ambiental - Repositorio - Sistema de Gestión Ambiental

Abstract

Environmental awareness in organizations is growing, which has resulted in public and private spheres, are dictated more and best practices for environmental stewardship. Generating organizational policy changes, which is the answer to the concern and development of care-oriented objectives and improvement of the environment, as required by ISO 4001 Environmental Management System.

The synergy of the Department of Graduate Studies and Research Institute automate and digitize proposed processes inherent to the registration and monitoring of research activities conducted by faculty researchers and students who work in conjunction with this department.

"WorkCloud" is a platform that merged the features of two existing technologies: "Institutional Repository" and "Computing in the cloud", developed to automate the registration, recovery, monitoring and tracking research activities of the department concerned. With this tool was achieved with meeting environmental policy by significantly reducing the consumption of paper and printing supplies and distribution and results in the production of space clean.

Key words: Cloud Computing - Environmental policy – Repository - Environmental Management System

Introducción

El Departamento de Investigación (DI) del Instituto Tecnológico Superior de Coatzacoalcos (ITESCO) es el encargado de impulsar, apoyar y coordinar diversas actividades inherentes a la investigación científica y tecnológica de su comunidad. El departamento promueve el apoyo para la creación y desarrollo de distintas líneas de investigación, lo que a su vez permite el surgimiento de distintos proyectos. Así mismo, se impulsa la participación de docentes y alumnos de distintos perfiles para enriquecer las líneas de investigación, generar proyectos de investigación e integrarse a ellos,

Como resultado de esas actividades, cada docente investigador debe reportar periódicamente las actividades realizadas (proyectos vigentes, avances, asistencia a eventos, publicaciones, participación en concursos, etc.) en formatos impresos ya definidos que se integran en un expediente personal, además se agregan las evidencias impresas que sustenten lo que reporta como actividad realizada. La integración de toda esta información permite mantener el curriculum académico actualizado de todos y cada uno de los docentes que colaboran con el departamento.

Los inconvenientes que se presentan con esta forma de operación son esencialmente tres: 1) Se depende totalmente de que el investigador se presente físicamente a hacer entrega de toda la documentación en físico para poder ingresarla a su expediente. 2) El retraso en esa entrega impide un puntual seguimiento en las actividades de investigación de la institución en general, en consecuencia, la obtención de indicadores institucionales así como la entrega oportuna de éstos a instancias superiores también se ve afectada. Y por último, 3) el alto volumen de papelería y consumibles para la reproducción de reportes y documentos que los soportan conllevan sin remedio a la saturación de los espacios destinados al trabajo cotidiano del personal responsable del departamento.

Actualmente existen diversas herramientas tecnológicas que aportan una alternativa viable para la sistematización de las tareas administrativas que atentan en contra del trabajo del investigador y de quien los supervisa y que, adecuadamente aplicadas, permiten minimizar los esfuerzos y maximizar los resultados. Por otro lado, la “virtualización” de esas tareas posibilita una considerable reducción del volumen de papel y consumibles que semestralmente se utilizan para los procesos de registro y seguimiento de actividades de investigación así como todo lo que eso involucre.

La importancia de la plataforma WorkCloud, reside en que atiende la imperiosa necesidad que se tiene de sistematizar las formas en que se recopila, organiza, recupera, almacena y actualiza la información resultante de las actividades llevadas a cabo por los docentes y alumnos que participan y colaboran en los diversos proyectos de investigación de la institución, así como el monitoreo que es posible realizar sobre las actividades realizadas. Por otro lado, ayuda al cumplimiento de los controles operacionales que la política de cuidado ambiental define en relación al ahorro de papel, consumibles y conservación limpia de los espacios, lo cual resulta sumamente importante para el sostenimiento del Certificado ISO-14001:2004 que ostenta la institución.

Materiales y métodos

WorkCloud es el resultado de unir las potencialidades que brindan las tecnologías HTML 5, Mysql, PHP, CSS, y la herramienta de desarrollo de sitios web Dreamweaver CC. En su conjunto, estas herramientas permiten la sistematización del procesamiento de datos y servicios de telecomunicaciones así como también ayudan garantizar la disponibilidad de los datos en casos de acceso remoto y en tiempo real.

Para el desarrollo de WorkCloud, se tomó como referencia la metodología de trabajo señalada por la metodología SCRUM (fig. 1), un proceso para el desarrollo ágil de software en el que se aplican un conjunto de buenas prácticas para trabajar colaborativamente, en equipo, y obtener el mejor resultado posible de un proyecto. Bajo este marco de trabajo, se realizaron entregas parciales y regulares del producto final, priorizadas por el beneficio que aportan al receptor del proyecto. En cada iteración, la cual se organizó en espacios de 2 a 4 semanas, se proporcionaron resultados concretos y susceptibles de ser integrados al resultado final.

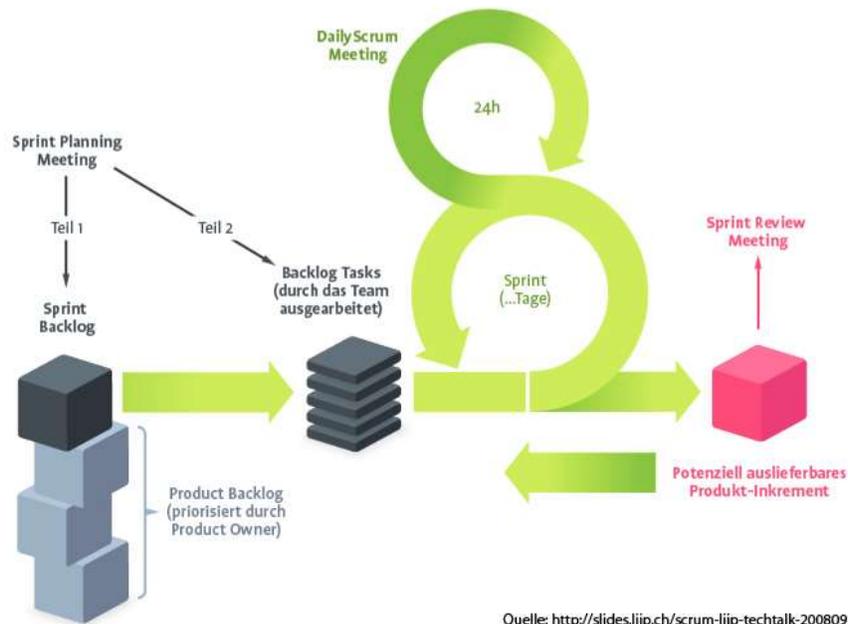


Fig. 1. Metodología SCRUM (Fuente: <http://blog.comsysto.com/2010/06/16/agiles-projektmanagement-mit-scrum/scrum-workflow-final-4/>).

Resultados

WorkCloud (fig.2) es una plataforma informática que reúne las características básicas de un repositorio institucional más las funcionalidades necesarias para una eficiente recopilación, organización, recuperación, almacenamiento y actualización de toda la información resultante de las actividades de investigación llevadas a cabo por los docentes y alumnos que participan y colaboran en los diversos proyectos de investigación de la institución. Además, proporciona un módulo para el monitoreo de la actividad del docente investigador, con esta funcionalidad, se activan alarmas que avisan si el investigador no ha realizado cambios en sus avances de los proyectos de investigación, o bien si no ha actualizado su expediente virtual. Quien hace la función de supervisor, se beneficia de ésta sencilla funcionalidad, ya que le es posible hacer un seguimiento oportuno de la actividad o falta de ella en la plataforma de cada uno de los docentes investigadores.

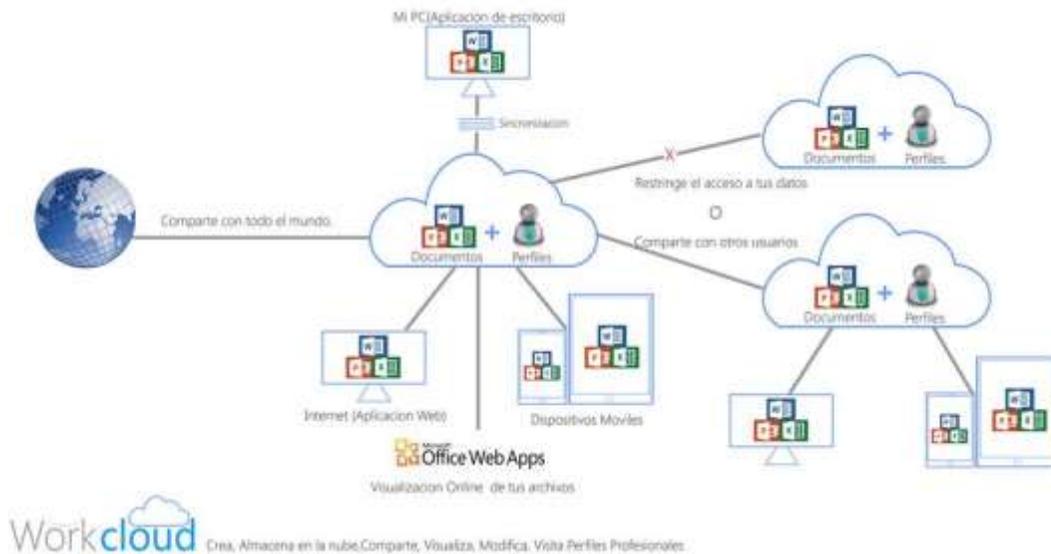


Fig. 2. Estructura de WorkCloud (Fuente: Elaboración propia).

Se aprovecharon también los beneficios de la tecnología conocida como “Cloud computing”, que permite una separación funcional entre los recursos que se utilizan y los recursos de la computadora, es decir, se utilizan recursos en un lugar remoto y que se acceden por Internet. De esta forma, el docente investigador, puede actualizar desde cualquier punto de acceso y dispositivo que tenga al alcance (pc, tableta o Smartphone) su expediente virtual, también puede subir archivos y compartirlos con otros docentes colaboradores.

Para no obligar al docente a permanecer siempre en línea, se ofrece una aplicación de escritorio que permite sincronizar los archivos y datos del investigador con el sistema de la nube (fig. 3), de tal manera que cuando realice alguna actualización ésta actualización se aplicará en cascada al iniciar su sesión en el dispositivo donde este instalada la aplicación de sincronización.

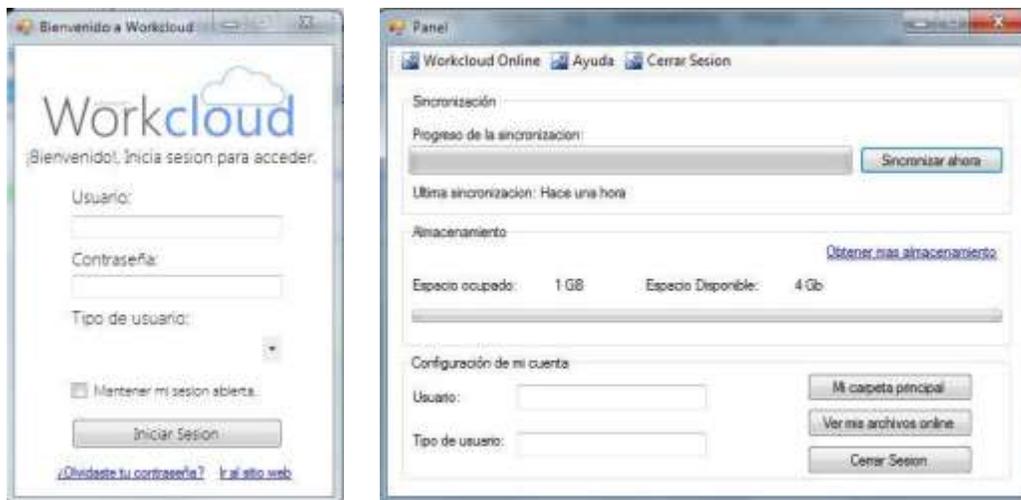


Fig. 3 Inicio de sesión en aplicación de escritorio para sincronización con WorkCloud (Fuente: Elaboración propia).

Discusión

Los resultados obtenidos al sistematizar la labor administrativa inherente al reporte de las actividades de investigación que los docentes investigadores realizan, soportándolas en una plataforma informática como WorkCloud, ha tenido como consecuencia directa una importante reducción en el uso de los consumibles que se utilizan para generar, reproducir y distribuir los formatos de registro de proyectos, curriculum vitae, reportes parciales y semestrales, entrega de evidencias y otros más.

Se tiene una reducción hasta del 88% en el consumo de papel, así como espacios más limpios y libres de acumulación de expedientes físicos. Anualmente, esta reducción se traducirá en el ahorro de hasta 3 cajas de papel, 5 cartuchos de tóner, y diversos elementos necesarios para el almacenamiento físico de los documentos (carpetas, protectores de hojas, separadores, cajas de archivo muerto, caratulas, etc.).

Así mismo, la eficiencia en la obtención de estadística básica propia del departamento se ha incrementado considerablemente, reduciéndose hasta en un 70% el tiempo en horas dedicadas a la obtención de reportes ejecutivos, los cuales reflejan con más certeza los indicadores institucionales pudiendo garantizar la entrega en tiempo y forma de éstos a las instancias correspondientes.

A futuro, WorkCloud podría ser utilizado como punto de referencia para áreas homólogas en otros Institutos Tecnológicos, extendiéndose a ellos los beneficios ya comentados. También, al tratarse de un servicio en la nube, esta plataforma podría, a futuro, permitir un enlace interinstitucional, con lo que se daría un paso importante hacia la conformación y fortalecimiento de cuerpos académicos.

Conclusión

Las tendencias tecnológicas incorporan un gran número de herramientas y servicios que permiten no solo automatizar las tareas, sino ponerlas a disposición desde sitios remotos y en cualquier momento. Su uso y adecuada explotación coadyuda, a quienes ostentan certificados de cumplimiento de la norma ISO 14001:2004, en la sistematización de sus prácticas administrativas con lo cual se espera reducir aquellos impactos medioambientales referentes a la reducción de consumo de papel y consumibles, energía eléctrica y obtención de espacios limpios. Con esto, además de reducir un impacto negativo en el medio ambiente, es posible reducir costos, mejorar la eficiencia y dar una ventaja competitiva a la institución.

La automatización de las tareas, la compartición de datos, el acceso remoto y el monitoreo continuo son beneficios que a corto y largo plazo impactarán a los tres actores principales de este proceso: al docente investigador, porque ve disminuido su esfuerzo y maximizado sus resultados; al encargado del área, porque incrementa su capacidad de supervisión, haciéndola más oportuna y certera; y a la institución porque mientras reduce el consumo de papel y consumibles, incrementa la posibilidad de garantizar espacios limpios y en consecuencia la reducción de costos transaccionales.

Con Workcloud el ITESCO inicia la transición hacia la era del conocimiento, en la cual se dará movimiento y uso útil a la información que resulta de los trabajos que los investigadores realizan, convirtiéndola en una poderosa herramienta para el logro de objetivos efectivos para la institución.

Referencias

Ramez Elmasri & Shamkant B. Navathe (2007). Fundamentos de Sistemas de Bases de Datos – 5ta Edición. Pearson, Addison Wisley. California.

Groff R. James & Weinberg N. Paul (2008). Manual de Referencia SQL. Mc-Graw Hill. España.

Ross Mistry, Stacia Misner (2009). Introducción a Microsoft SQL Server 2008 R2. By Microsoft Corporation. Redmond, Washington.

Duckett, Jon (2011). HTML&CSS Diseño y construcción de sitios web. John Wiley & Sons. Estados Unidos.

Peña de San Antonio, Óscar (2010). Guía práctica Adobe Dreamweaver CS5. Anaya Multimedia. México.

Beati, Hernán (2012). El gran libro de PHP Creación de páginas web dinámicas. Marcombo S.A. México DF.

Gabillaud, Gerome (2010). SQL Server 2008: Aprenda a Administrar una Base de Datos. Eni. España

Martínez M., Richard(2012). Derecho y Cloud Computing. Civitas Ediciones. S.L.

Alvaladejo, Xavier (2013). Que es SCRUM[en línea]. ProyectosAgiles.org. Disponible en: <http://www.proyectosagiles.org/que-es-scrum>

ISO 14001 Medio ambiente [en línea].Mexico: BSI Group, 2013. Disponible en: <http://www.bsigroup.com.mx/es-mx/Auditoria-y-Certificacion/Sistemas-de-Gestion/Normas-y-estandares/ISO-14001/>

Sistemas de Gestión Ambiental[en línea]. México: Grupo Alianza Empresarial, 2013. Disponible en: <http://www.sistemasdegestionambiental.com/>

Diseño e Implementación de un sistema ambulatorio de adquisición, registro y análisis de la frecuencia cardiaca en estado de reposo Implementado en un dispositivo móvil.

M.C. Sánchez I.E. ¹ Medel L. H., Ing. Piña Martínez L.², Ing. Majín Martínez Alejandra Anahí ³, Ing. Monraga León Carlos Alejandro⁴

Instituto Tecnológico Superior de Huatusco, Div, Ing. en Sistemas Computacionales^{1,3,4},
Div, Ing. Industrial²

¹Lsmedel@gmail.com, ²mtzarual@hotmail.com, ³aleana.orellan@gmail.com,
⁴aflp_0333@hotmail.com

Resumen

Las enfermedades cardiovasculares han llegado a ocupar el segundo lugar en mortandad en México, solo superado por la diabetes de acuerdo al censo de INEGI en el 2009. Se denomina Holter a una prueba diagnóstica que consiste en la monitorización ambulatoria del registro electrocardiográfico por un tiempo prolongado, habitualmente unas veinticuatro horas, en una persona que está en movimiento. Los dispositivos que actualmente son usados para medir la frecuencia cardiaca del corazón son: electrocardiógrafo, el estetoscopio, pulsímetro, aparatos digitales como muñequeras de pulso que miden frecuencia cardiaca y tensión arterial que el sector deportista emplea.

La evolución de los dispositivos móviles busca la integración de los mismos a nuestras actividades diarias, muchas veces las personas usan aparatos electrónicos tales como tabletas y teléfonos inteligentes para poder ver su estatus en las redes sociales, entretenimiento o gestionar su tiempo, sin embargo un campo que no ha sido explotado como los otros es el de la salud.

El objetivo de esta investigación es adquirir vía bluetooth, registrar y analizar los latidos del corazón por minuto en estado de reposo empleando un dispositivo móvil para realizar un análisis de FCR y dar un mensaje auditivo sobre su estado.

Palabras clave: Android, móvil, corazón, sensor, FCR, ambulatorio.

Abstract

Heart disease has come to be the second cause of death in Mexico, only being behind of diabetes according with INEGI in 2009. Holter is a diagnostic test that consists in an ambulatory monitoring of electrocardiographic signal for a long time, usually twenty-four hours, while the subject is moving. The dispositives that are used to measure the beats per minute are: electrocardiograph, the stethoscope, heart rate monitor, digital devices like pulse wristbands that measure heart rate and blood pressure that the sport sector employs.

The evolution of mobile devices aim for the integration of these dispositives to our every-day life, many people use electronic devices such as tablets and smartphones to check their status in social networks, entertainment or control their tim, however a field that hasn't been exploited as the others is the health.

The objective of this research is to acquire via bluetooth, record and analyze heart beats per minute at rest using a mobile device to perform an analysis of FCR and give an auditive message on their health status.

Key words: Android, móvil, hearth, sensor, RCF, ambulatory.

Introducción

México es un país que ha llegado a ocupar el segundo lugar en mortandad a causa de enfermedades cardiovasculares, solo por encima de la diabetes y en varios países desarrollados ha llegado al primer lugar [1]. Se denomina Holter a una prueba diagnóstica que consiste en la monitorización ambulatoria del registro electrocardiográfico por un tiempo prolongado, habitualmente unas veinticuatro horas, en una persona que está en movimiento. Los dispositivos que actualmente son usados para medir la frecuencia cardiaca del corazón son: electrocardiógrafo, el estetoscopio, pulsímetro, aparatos digitales como muñequeras de pulso que miden frecuencia cardiaca y tensión arterial.

Actualmente existen dispositivos ambulatorios que el sector deportivo utiliza para obtener datos y mejorar su rendimiento del practicante, estos dispositivos funcionan con un software embebido en un microcontrolador, dicho principio puede ser aplicado a otros usuarios lo cuales empleando tecnología móvil a su alcance puedan monitorear su estado cardiaco mediante pruebas FCR que se basan en la relación de las pulsaciones por minuto, peso, edad y sexo.

La evolución de los dispositivos móviles busca la integración de los mismos a nuestras actividades diarias, y se pretende que mediante el auge hoy en día de equipos electrónicos como los son: Tablet, Teléfonos inteligentes, Agendas electrónicas, etcétera, podamos crear una aplicación en un dispositivo que concientice a la población sobre su salud y la gran problemática del país en cuanto a las enfermedades cardiovasculares que tanto afectan. La Fig. 1 fue tomada del último censo de población en México en el 2007 muestra el nivel de mortandad en México debido en relación a las enfermedades que afectan al corazón.

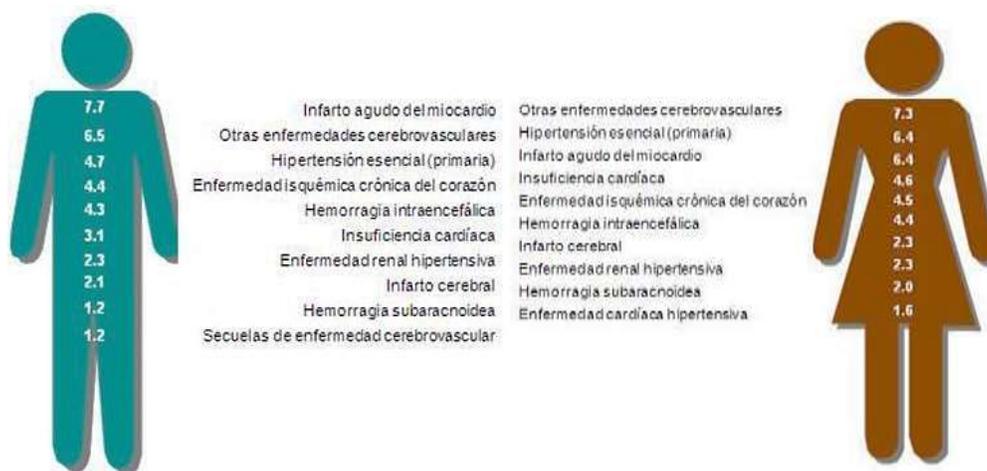


Fig. 1 Principales afecciones de las enfermedades cardiovasculares en 2007, fuente INEGI

El objetivo de esta investigación es registrar y analizar los latidos del corazón por minuto en estado de reposo empleando un dispositivo móvil para realizar un análisis de FCR y dar un mensaje auditivo sobre su estado. La interfaz diseñada para el dispositivo móvil se muestra en la Fig. 2.



Fig. 2 Interface del sistema en una Tablet con Android 4.2

Metodología

Cuando las células cardíacas son estimuladas con un impulso eléctrico, ya sea de manera espontánea o de manera externa, la polaridad de la célula cambia, esto se conoce como potencial de acción. El potencial de acción tiene 4 distintas fases, en el potencial de acción de las células automáticas hay una fase 0 de ascenso más lenta respecto a la de las no automáticas o de repuesta rápida, y sus fases 1,2 y 3 no pueden diferenciarse de una manera clara, solo se toman como si fueran una fase 3. En la fase 4, en el potencial de acción de las células automáticas hay una despolarización espontánea, lo cual genera que las células automáticas alcancen el potencial umbral para comenzar de nuevo el potencial de acción. Esto se puede ver de manera gráfica en la figura 3.

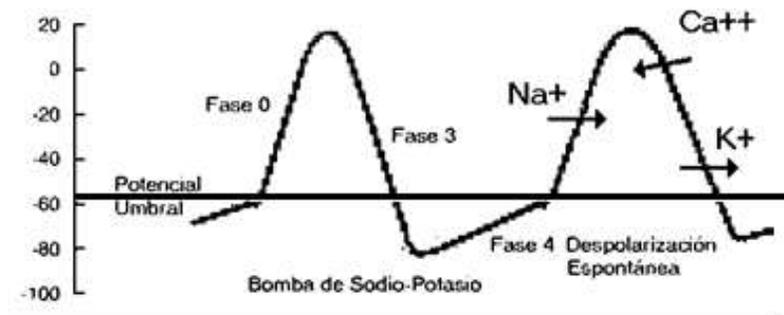


Fig. 3 Descripción de la forma de onda

Las pulsaciones por minuto o BPM son obtenidas a partir de la forma de onda de las pulsaciones eléctricas del corazón. Las fórmulas para la obtención de estas varían dependiendo la edad y el sexo de la persona [2]. El Tabla 1 muestra un extracto de los BPM ideales en una persona saludable dependiendo su edad, sexo y hábitos.

Tabla 1. Extracto de tabla de BPM ideales con relación a hábitos

HOMBRES SEDENTARIOS		20 a 25	25 a 30
Pulsaciones maximas teoricas	100,00	200 a 195	195 a 190
Ejercicio anaerobico maximo	90,00	180 a 175,5	175,5 a 171
Ejercicio anaerobico	80,00	160 a 156	156 a 152
Ejercicio aerobico	70,00	140 a 136,5	136,5 a 133
Aerobico adelgazar	60,00	120 a 117	117 a 114
Aerobico iniciacion	50,00	100 a 97,5	97,5 a 95

MUJERES SEDENTARIAS		20 a 25	25 a 30
Pulsaciones maximas teoricas	100,00	206 a 201	201 a 196
Ejercicio anaerobico maximo	90,00	185,4 a 180,9	180,9 a 176,4
Ejercicio anaerobico	80,00	164,8 a 160,8	160,8 a 156,8
Ejercicio aerobico	70,00	144,2 a 140,7	140,7 a 137,2
Aerobico adelgazar	60,00	123,6 a 120,6	120,6 a 117,6
Aerobico iniciacion	50,00	103 a 100,5	100,5 a 98

El FCR sirve como indicador para determinar el estado de salud de una persona, se basa en el conteo de BPM [3], la tabla parcial de relación se muestra en el Tabla 2.

Tabla 2. Extracto de tabla de BPM ideales en FCR

HOMBRES	Mala	Normal	Buena	Muy Buena
20-29	86 o más	70-84	62-68	60 o menos
30-39	86 o más	72-84	64-70	62 o menos
40-49	90 o más	74-88	66-72	64 o menos
50-59	90 o más	74-88	68-74	66 o menos
60 o más	94 o más	76-90	70-76	68 o menos
MUJERES	Mala	Normal	Buena	Muy Buena
20-29	96 o más	78-94	72-76	70 o menos
30-39	98 o más	80-96	72-78	70 o menos
40-49	100 o más	80-98	74-78	72 o menos
50-59	104 o más	84-102	76-82	74 o menos
60 o más	108 o más	88-106	78-88	78 o menos

El sistema emplea el BPM y FCR para realizar un análisis de basado en las pulsaciones, de esta forma obtener la condición del corazón. El sistema cuenta la arquitectura mostrada en la Fig. 4, la cual consiste en un enlace inalámbrico mediante un dispositivo Bluetooth entre la tableta/celular y el sensor del corazón [4,5,6]

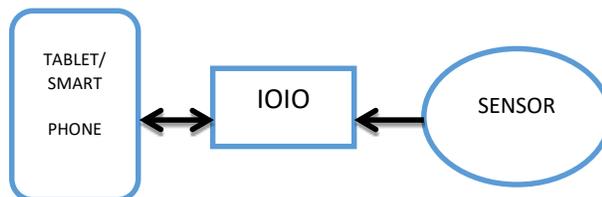


Fig. 4 Arquitectura implementada para el procesamiento digital de la señal
 La frecuencia de muestreo es delimitada por el tiempo que toma al ADC y a la señal inalámbrica en ser registrada por el software, dicho tiempo es de 1ms, por lo que basados en el teorema de Nyquist se determina que la frecuencia muestreada debe de ser por lo menos 4 veces mayor que la frecuencia a muestrear. La frecuencia muestreada es tomada de la tabla 1, cuyo máximo valor es 206, sustituyendo en la ecuación 1.

$$f_m = \frac{4 * \text{BPM}_{\text{max}}}{60} = 13.73\text{Hz} \quad \text{Ecuación 1}$$

La frecuencia de muestreo máxima que permite el sistema es determinado por el periodo de conversión y el teorema de Nyquist, lo cual se calcula en la ecuación 2.

$$f_{m_{\text{max}}} = \frac{1}{T * 4} = 250\text{hz} \quad \text{Ecuación 2}$$

La resolución requerida para reconstruir la señal fue hecha a 10 bits, por lo que el voltaje de paso es determinado por la ecuación 3, dicha resolución fue delimitada la amplitud de la señal proveniente del sensor, la cual varía de 0-3.3 volts.

$$V_p = \frac{V_{cc}}{2^{10}} = 3\text{mV/paso} \quad \text{Ecuación 3}$$

La determinación de los BPM se obtiene al aplicar la siguiente fórmula basada en el ángulo de la forma de onda obtenida por el sensor de forma inalámbrica por bluetooth.

$$B = [y(t_n) - y(t_{n+20})]$$

si: $B > 30$, entonces FASE 0, de lo contrario FASE 3

La fórmula propuesta indica que la respuesta del sensor es candidato a ser un latido de corazón si el ángulo que muestra entre cada 20 tomas supera los 30 grados. Obteniendo la cantidad de latidos verdaderos en 14 segundos es posible hacer una proporción a 1 minuto.

Resultados y discusión

El dispositivo creado se muestra en la figura 5, se encuentra ubicado a la altura de la cintura y el sensor se halla conectado en la oreja del usuario.



Fig. 5 Dispositivo construido y operando

Se realizaron pruebas con otras aplicaciones para Android y se obtuvieron resultados muy similares a estas, las aplicaciones probadas fueron: Instant Heart Rate, Heart Beat Rate Pro y Heart Beat. Se relacionó el dispositivo con un electrocardiógrafo y se obtuvo el siguiente resultado mostrado en la figura 6.

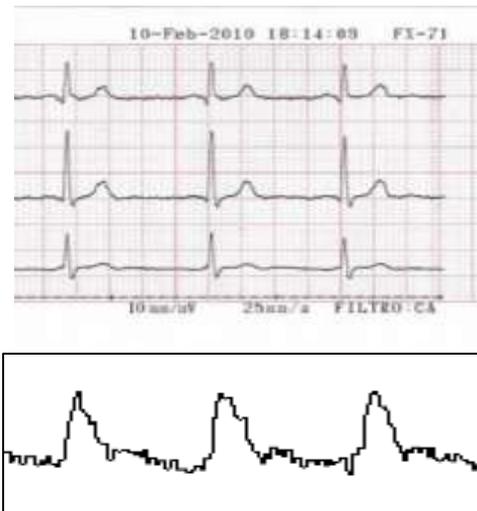


Fig.6. Comparación entre una señal de un cardiógrafo comercial y el propuesto

La comparación mostrada en la fig. 6 resalta que la resolución es inferior con uno comercial, sin embargo el dispositivo no fue diseñado para realizar un análisis exhaustivo de la señal, sino para detectar los latidos por minuto, por lo cual este tipo de resolución es aceptable para su uso en el algoritmo de detección por diferenciación en el tiempo.

Conclusiones

El instrumento visualizador/registrator e indicador permite adquirir la señal, grabar y analizar la señal para indicarnos un análisis en base a los latidos por minutos del corazón, que pese a que

no se tiene una resolución como los electrocardiógrafos comerciales, si nos permite el conteo de latidos por minuto que es la base de nuestro análisis y también el cómo los doctores generales obtienen información de nuestros cuerpos a través de un estetoscopio.

El dispositivo diseñado no tiene la ambición de ser una sustitución de un médico, sino para concientizar a las familias de recursos medios sobre su propia salud empleando dispositivos móviles como una herramienta más en su integración.

Trabajo a futuro: Se requiere un filtro digital para eliminar el ruido proveniente del sensor, así como un sistema de detección de estabilidad de la señal en la tableta/celular, sin embargo si es posible determinar los BMP.

Agradecimiento. Se agradece al Instituto tecnológico Superior de Huatusco por su apoyo en esta investigación, así como a la carrera de ISC.

Referencias

Página Oficial del Instituto Mexicanos del Seguro Social. Preguntas frecuentes sobre enfermedades del corazón. IMSS (2013).

<http://www.imss.gob.mx/preguntas/salud/Pages/faqscardio.html>

Angeles Alfredo, "Conocimientos Básicos del Corazón". Distribuido por Novartis, 2004.

Bayes Antoni, "Electrocardiografía Clínica". Ed. Espaxs S.A. Publicaciones, Médicas, 2004.

Tomas Girones, J., "El gran libro de Android", editorial AlfaOmega, grupo editor México, junio 2011, ISBN: 978-607-707-226-3.

Organización Editorial Mexicana, Artículo Hasta 20% de la población padece trastorno del ritmo cardiaco: IMSS, 24 de noviembre del 2009.
<http://www.oem.com.mx/laprensa/notas/n1415996.html>

Monk S., "Making Android Accessories with IOIO", Going mobile with sensors, lights, motors, and robots, editorial O'reilly, primera edición febrero 2012 ISBN: 978-1-449-32328-8.

Innovación de un contenedor de basura inteligente

Valles Chávez A. Doctor, Alemán Cuellar Jesús Raúl, Alcantar Olguin R. Ingeniero

Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez

avalles@itcj.edu.mx

Resumen

Este proyecto es sobre un prototipo de un contenedor de basura inteligente capaz de diferenciar y separar entre tres tipos de materiales como son el aluminio, plástico y vidrio donde aplicamos la metodología de manufactura esbelta para reducir el tiempo de separación de los desperdicios del proceso del reciclaje con la finalidad de reducir costos de la separación de la basura para su posterior reciclaje que es una parte fundamental para la mejora de nuestro proceso creando la mejora continua.

La innovación desarrollada fue un proceso de identificar los distintos tipos de materiales que podemos encontrar en la basura para posteriormente reciclarlos, para identificar los tres tipos de materiales que tenemos utilizamos un sensor inductivo que es capaz de detectar cualquier tipo de metal como el aluminio y para lo que es el plástico y el vidrio utilizamos LED's (Rojo, Verde, Blanco, Azul, Ultravioleta e Infrarrojo) por mediante la luz que perciba el sensor de luz nos da una frecuencia por cada LED y de esa forma es como identifica el vidrio y el plástico. Después que se identifique el tipo de material el contenedor cuenta con un motor que hace girar el disco y lo deposita en su lugar asignado. El contenedor cuenta con cuatro separaciones dentro del mismo para cada tipo de material (aluminio, plástico y vidrio) y un cuarto para cualquier otro tipo de material que no sea de los anteriormente mencionados. Todo esto programado en el programa LabVIEW para su funcionamiento.

Palabras clave: Reciclaje, sensores, contenedor, manufactura esbelta.

Abstract

This project is on a prototype of a container of garbage intelligent able to differentiate and distinguish between three types of materials, like aluminum, plastic and glass where we apply the methodology of lean manufacturing to reduce the time of separation of debris from the recycling process with the aim of reducing costs of the separation of garbage for subsequent recycling that is an essential part for the improvement of our process by creating continuous improvement. The innovation was developed a

process to identify the different types of materials that we can find in the trash for recycling later, to identify the three types of materials that we have used an inductive sensor that is able to detect any type of metal such as aluminum and for what is plastic and the glass we use LEDs (Red, Green, White, Blue, ultraviolet and infrared) by means of light sensed by the sensor light gives us a frequency for each LED and that is how it identifies the glass and plastic. After you identify the type of material the container has a motor that rotates the disk and deposited in your assigned location. The container has four separations within the same for each type of material (aluminum, plastic and glass) and a fourth for any other type of material that is not of the previously mentioned. All this programmed in the LabVIEW program for your operation.

Key words: Recycling, Sensors, Container, Lean Manufacturing

1.- Introducción

Hoy en día el reciclaje se ha vuelto un punto muy importante en la conservación y cuidado del medio ambiente ya que supone la reutilización de materiales que comúnmente sería desechados contribuyendo a la acumulación de basura y posteriormente un dañando de manera constante el planeta. El proceso de reciclaje consta comúnmente de la separación de la basura dependiendo de los materiales ya sea vidrio, papel, cartón, plástico, metal, etc. En diferentes contenedores debidamente identificados para posteriormente ser llevados a empresas recicladoras donde se les da un nuevo uso.

Son muchas las razones para reciclar, se ahorran recursos, se disminuye la contaminación, se alarga la vida de los materiales aunque sea con diferentes usos, se logra ahorrar energía, se evita la deforestación. Con el contenedor de basura inteligente se pretende que el separado de la basura sea más fácil y eficiente, ya sea para la reutilización de la basura o para otro motivo y de esta forma le facilitamos más la vida al hombre.

2.- Objetivo

El objetivo del proyecto de un contenedor inteligente es lograr contribuir significativamente a nuestro medio ambiente dentro de nuestra institución y en la sociedad de una manera positiva. En la actualidad el trabajo de separar la basura es dejado al criterio de cada persona, por lo cual es inevitable que diferentes materiales se mezclen entre sí, porque desgraciadamente nuestra cultura no es así, complicando el trabajo que se realizara en empresas recicladoras al tener que invertir tiempo y recursos en este proceso los cuales consideramos podrían ahorrarse.

Este proyecto es sobre un prototipo de un contenedor de basura inteligente capaz de diferenciar y separar entre tres tipos de materiales como son el aluminio, plástico y vidrio donde aplicamos la metodología de manufactura esbelta para reducir el tiempo de separación de los desperdicios del proceso del reciclaje con la finalidad de reducir costos, para su posterior reciclaje que es una parte fundamental para la mejora de nuestro proceso creando la mejora continua.



Figura 1. Selector de Materiales

3.- Desarrollo

La innovación desarrollada fue un proceso de identificar los distintos tipos de materiales que podemos encontrar en la basura para posteriormente reciclarlos, para identificar los tres tipos de materiales que tenemos utilizamos un sensor inductivo que es capaz de detectar cualquier tipo de metal como el aluminio y para lo que es el plástico y el vidrio utilizamos LED's (Rojo, Verde, Blanco, Azul, Ultravioleta e Infrarrojo) por mediante la luz que perciba el sensor de luz nos da una frecuencia por cada LED y de esa forma es como identifica el vidrio y el plástico.

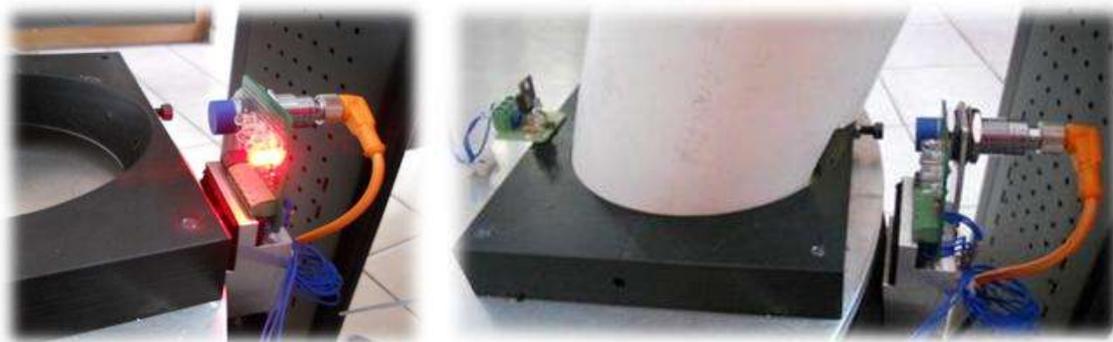


Figura 2. Sensores de vidrio y Plástico.

Una vez que desechemos nuestra lata o botella lo identificara un sensor infrarrojo como cado en la entrada del contenedor después de eso se empezara a trabajar el sensor inductivo identificando el metal (aluminio) si es plástico o vidrio entonces empezaran a encender cada uno de los LED's y así mediante la frecuencia de cada uno es como se identifica el plástico y el vidrio, si es cualquier otro material entonces ninguno de los sensores lo detectara y por default lo mandara al cuarto espacio asignado para eso. El contenedor cuenta con cuatro separaciones

dentro del mismo para cada tipo de material (aluminio, plástico y vidrio) y un cuarto para cualquier otro tipo de material que no sea de los anteriormente mencionados. Cuando nosotros arrojemus una botella de plástico o vidrio los LED's se encenderán uno por uno y nos darán una frecuencia y el programa las capturara para su análisis e identificación.

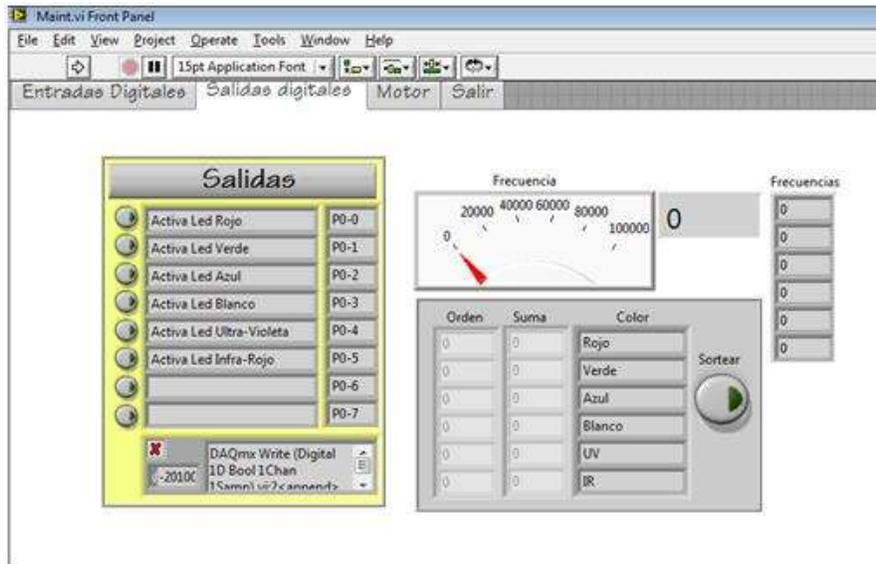


Figura 3. Programa en LabView

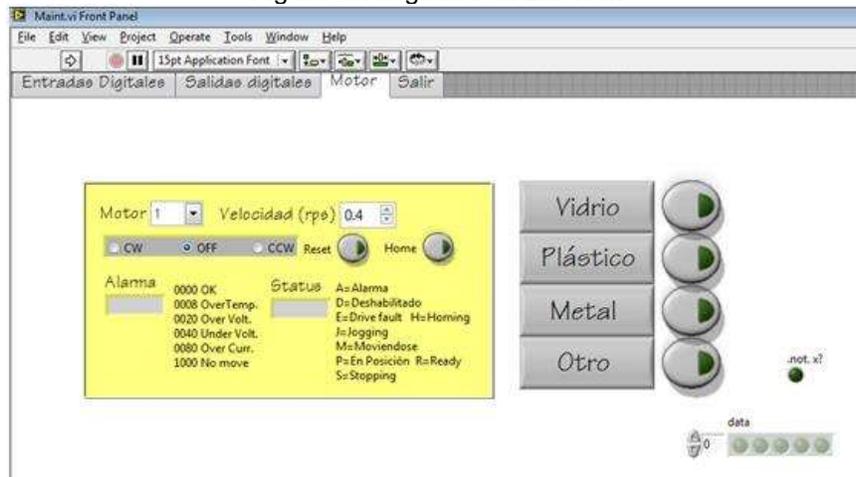


Figura 4. Selector de Material de acuerdo al Programa

Después que se identifique el tipo de material el contenedor cuenta con un motor con su transmisión que lo hace girar y lo deposite en su lugar asignado. El contenedor cuenta con dos discos, el de arriba se mueve junto con el motor y el disco de abajo se encuentra suelto con un orificio para cuando el primer disco gire este sea arrastrado junto con él y cuando el disco de arriba se regrese el segundo disco se quedara dejando el orificio libre y es cuando cae el material.



Figura 5. Funcionamiento del Selector

Todo esto programado en el software LabVIEW para su funcionamiento.



Figura 6. Software LabVIEW para la programación.

El contenedor tendrá integrado una fuente de 24V para la funcionalidad de los demás componentes, utilizando una celda solar.



Figura 7. Fuente 24V y Panel Solar

En la parte inferior del contenedor se pondrá una puerta para poder sacar los depósitos en donde se encuentra separada la basura para su posterior reciclaje, una vez que se encuentren vacíos los depósitos se podrá volver a poner los depósitos en su lugar correspondiente y así poder seguir con la operación del contenedor.



Figura 7. Contenedor Abierto

4.- Conclusión

La limpieza y el cuidado ambiental, por sí mismos, son asuntos importantes para todos. No obstante, la práctica de separación de basura en la institución y empresas, con lleva una serie de aprendizajes que a la larga son relevantes.

Con los resultados obtenidos con la encuesta realizada a estudiantes del tecnológico de las distintas carreras y a algunos profesores se concluye que la mayoría de las personas encuestadas si saben identificar la basura según su tipo, son muy pocos los que no tienen este conocimiento, que la verdad es algo muy importante. También podemos observar que la mayoría si tira la basura en los botes correctos y los que no lo hacen es por flojera, porque según ellos los botes no se encuentran bien ubicados en cada área del tecnológico. Y aunque la mayoría de los encuestados acostumbran tirar la basura en los botes correctos, también la

mayoría piensa que los botes instalados en el ITCJ para separar la basura no han funcionado debido a que la mayoría no le presta la atención necesaria a esto y tiran su basura en el primer bote que se encuentran.

También debido a los resultados obtenidos se puede concluir que este contenedor de basura inteligente es realmente una idea sustentable, la cual si se lleva a cabo sería de gran utilidad para facilitar el separado de la basura y hacer más cómoda la vida a las personas ya que no tendrán que andar buscando los botes de cada tipo de basura ya que el contenedor inteligente la separara por ellos y además se piensa colocar los botes en puntos estratégicos para que no estén muy separados uno de otro.

Referencias

M. Raynal. (1988).Distributed Algorithms and Protocols. John Wiley & Sons.

K.P. Valavanis, G.N. Saridis.(1992).Intelligent Robotic Systems: Theory, Design and Applications, Kluwer.

S. Stojakovic-Celustka.(1998).The Prospects of Incident Response, FIRST Computer Security Incident Handling Workshop, Monterrey, Mexico.

F.E. Cepolina, M. Zoppi, G.T. Zurlo, R.M. Molfino. (2004).A robotic cleaning agency. Dipartimento di Meccanica e Costruzione delle Macchine, Università degli Studi di Genova, Genova, Int. Conf. IAS-8 Intelligent Autonomous Systems, Amsterdam.

Algunos desechos fibrosos agroforestales para el cultivo del hongo seta pleurotus sp., en Durango, México.

Naranjo Jiménez Néstor ^{1,3}, Nevarez Quiñones Daniela M.⁴, Herrera Corral Jesús ^{1,3}, Uribe Soto Natividad ^{1,3}, Almaraz Abarca Norma ^{1,3}, Rosas Medina Imelda ², Colmenero Robles Aurelio ², López González Isabel Cristina ¹.

¹Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional (CIIDIR)-Unidad Durango, Instituto Politécnico Nacional. Sigma 119, Fraccionamiento 20 de Noviembre II, Durango, Durango, México, 34220. ²Secretaría de Investigación y Posgrado (SIP), Instituto Politécnico Nacional. 2º piso del edificio de la Secretaría

nnestor@hotmail.com

Resumen

Se evaluaron residuos agroforestales como la paja de avena, aserrín de encino y bagazo de *Agave durangensis*, como sustrato para el cultivo del hongo seta (*Pleurotus* sp), como opción para la disposición y como una alternativa de producción sustentable para el estado de Durango. Los sustratos fueron caracterizados químicamente mediante la determinación de su composición fisicoquímica y el contenido de fibra detergente ácida (FDA) para el cultivo del hongo seta bajo un diseño experimental completamente al azar. El objetivo fue determinar el potencial de los residuos agroforestales en el cultivo del hongo seta y su efecto en la eficiencia biológica (EB) y en la composición bromatológica de los cuerpos fructíferos cosechados. Los tratamientos T4 (80%avena-20% bagazo de agave) y T5 (60% avena y 40% bagazo de agave) presentaron las mejores EB y los mejores contenido de proteína cruda en los cuerpos fructíferos. Los resultados obtenidos muestran la posibilidad y el potencial del bagazo de agave, aserrín de encino y la paja de avena como sustrato para el cultivo del hongo seta, en el estado de Durango.

Palabras clave: Agave, bagazo, lignocelulósicos, *Pleurotus* sp., residuos.

Abstract

Agroforestry residues were evaluated as the oat straw, sawdust of oak and *Agave durangensis* bagasse as substrate for mushroom growing mushroom (*Pleurotus* sp) , available as an option for an alternative and sustainable production for the state of Durango. The substrates were chemically characterized by determining its physicochemical composition and acid detergent fiber (FDA) for the cultivation of mushroom fungus under a completely randomized design. The objective was to determine the potential of waste agroforestry in mushroom growing mushroom and its effect on biological efficiency (BE) and the chemical composition of fruiting bodies harvested. T4 treatments (80 % oats, 20 % agave bagasse) and T5 (60 % oats and 40 % agave bagasse) had the best EB and best crude protein content in the fruiting bodies. The results show the possibility and potential of agave bagasse, sawdust of oak and oat straw as substrate for mushroom growing mushroom, in the state of Durango.

Key words: Agave, bagasse, lignocellulosic, *Pleurotus* sp., wastes.

Antecedentes

Los residuos agroindustriales, son materiales ricos en compuestos parietales (celulosa, hemicelulosa y lignina) los cuales representan la mayor fuente de energía y materia orgánica renovable de la biosfera, cuya estructura y composición química varían dentro de amplios rangos, lo cual determina su uso industrial y la posible aplicación de métodos biotecnológicos (Marques, 2010). Su condición de residuos altamente lignificados limita su remineralización al medio, lo que es visto como un grave problema ambiental debido a los volúmenes manejados y los métodos poco efectivos aplicados para su disposición.

De acuerdo con Delfín y Durán (2003), aproximadamente el 40% de los residuos son de naturaleza celulósica o lignocelulósica, que en su mayoría carecen de un tratamiento para su disposición. Los desechos agroindustriales a diferencia de los subproductos agrícolas, los bagazos, aserrines, cortezas y virutas son subutilizados, generando su acumulación, por la carencia de recursos económicos y de capacidad tecnológica que limitan la disposición final de los mismos (Saval, 2012).

El componente común y abundante en los residuos agroforestales y agroindustriales es la lignina que es resistente a la degradación por su estructura química obstaculiza el acceso de

enzimas hidrolíticas hacia las fibrillas celulósicas. La biotransformación de lignina es un proceso fundamental en el ciclo del carbono, cuyo proceso metabólico es realizado por mecanismos oxidantes extracelulares (Delfín y Durán, 2003). Los organismos aerobios y los hongos macromicetos son los únicos organismos que poseen la capacidad de romper éstos enlaces permitiendo degradar la lignina por acción de enzimas como lacasa, lignina peroxidasa y manganeso peroxidasa (Cohen, 2002). En Venezuela, México, Ecuador, Cuba y Chile han puesto atención al estudio y reciclaje de residuos agroindustriales y forestales a través de los cuales es posible la obtención de alimento por medio de la biotransformación de subproductos lignocelulósicos (Ravera, 2008), con la aplicación de diversos métodos biotecnológicos.

Naranjo y Herrera (2000) estimaron para el estado de Durango la generación de aproximadamente de 900,000 toneladas de residuos provenientes del sector primario y secundario, de los cuales mencionan que, entre los subproductos del sector agrícola sobresalen pajas de frijol y maíz, mientras que subproductos como bagazo de agave mezcalero, generado por procesos agroindustriales de gran relevancia social, cultural y económica, como la producción artesanal de mezcal. En tanto que para este mismo año calculan cerca de 242,171.93 m³ residuos generados a raíz del aprovechamiento forestal de índole extractiva (entre virutas, aserrín y corteza), todas éstas actividades de gran importancia para la economía del estado y de trascendencia local (Naranjo y Herrera, 2000). La producción de mezcal produce aproximadamente 249 toneladas de bagazo de agave en peso seco y cuya disposición es un problema en los lugares de producción de mezcal.

El cultivo de hongos comestibles es una opción para el tratamiento de los residuos, cuya importancia se ve reflejada en las ganancias generadas por esta actividad. La adaptación de modelos biotecnológicos en las comunidades contribuye al desarrollo de actividades productivas complementarias a prácticas agrícolas tradicionales mediante las que es posible no solo la obtención de alimentos de alto valor nutricional sino también su aplicación en diversas áreas de producción, dicho de otra manera por Monroy y Viniegra (1990) "lo que antes se consideraba como desecho, es ahora valorado como materia prima en la producción de alimento y uso industrial". Bautista et al. (2003). Señalan que la gran cantidad de residuos agroforestales, mismos que pueden ser aprovechados como sustratos con gran potencial en el cultivo de hongos comestibles. En el estado de Durango, la posibilidad del reciclaje de subproductos agrícolas, forestales y agroindustriales, es hasta hace algunos años visto como área de oportunidad por los trabajos realizados por Naranjo et al. (2009^a, 2009^b, 2011), sobre el cultivo de hongos comestibles en diferentes sustratos y en comunidades rurales en el estado. Por lo anterior en el presente estudio se buscó determinar el potencial de los residuos agroforestales en el cultivo del hongo seta y su efecto en la eficiencia biológica (EB) y en la composición bromatológica de los cuerpos fructíferos cosechados.

Materiales y métodos

1. Colecta de los sustratos. Se colectaron paja de avena, aserrín de encino y bagazo de agave como residuos agroforestales regionales con potencial para ser usados como sustratos en el presente estudio, por lo que se procedió a la colecta de estos materiales. **2. Caracterización químico proximal de los sustratos paja de avena, bagazo de agave y aserrín de encino.** Se Determinaron fibra detergente ácido (FDA), que Incluye la determinación de Celulosa y Lignina (LDA), por el método de Van Soest, 1963, modificado por Holechek y Vavra (1982) citado por Naranjo (1999). **3. Determinación de la producción de los tratamientos para la producción del hongo seta.** Para el desarrollo del presente trabajo, se usó la cepa B28640 del hongo *Pleurotus* sp. El diseño experimental fue completamente al azar, con 15 tratamientos y cinco repeticiones (Tabla 1), con 75 unidades experimentales de un kilogramo de sustrato. Se comparó la producción total de los quince tratamientos y se calculó la

eficiencia biológica (EB) y se sometió a un análisis de varianza (ANOVA). Se utilizó el Statistica v. 7.0 (Statsoft Inc. 2004).

Tabla 1. Distribución de los Tratamientos Av (paja de avena), Ag (bagazo de agave) y As (aserrín de encino).

Tratamientos	Mezclas (%)	Número de repeticiones
T1 (TESTIGO)	100 Av	5
T2	100 Ag	5
T3	100 As	5
T4	Av(80) Ag(20)	5
T5	Av(60) Ag(40)	5
T6	Av(40) Ag(60)	5
T7	Av(20) Ag(80)	5
T8	Ag(80)As(20)	5
T9	Ag(60)As(40)	5
T10	Ag(40)As(60)	5
T11	Ag(20)As(80)	5
T12	As(80)Av(20)	5
T13	As(60)Av(40)	5
T14	As(40)Av(60)	5
T15	As(20)Av(80)	5

La EB, fue calculada con la siguiente fórmula (Bermúdez, 2007).

EB = (PFH/PSP) 100 Donde: EB= Eficiencia biológica; PFH= Peso fresco de hongos; PSP= Peso seco del sustrato o paja

2. **Caracterización químico proximal de los cuerpos fructíferos cosechados del total de los tratamientos.** Las setas cosechadas de los tratamientos, se les determinó Proteína cruda (PC) A.O.A.C. (Association Oficial Analytical Chemists, 1990). Proteína verdadera (PV) por el método de King's College (1961 citado por Naranjo, 1999), Humedad (A.O.A.C, 1990), Determinación de Materia Seca (MS) (A.O.A.C, 1990), Determinación de Cenizas (C) (A.O.A.C, 1990), Fibra Cruda (FC) (Método Labconco., A.O.A.C. 1990), Determinación de Extracto Etéreo (EE) (Método Soxhlet o Goldfisch A.O.A.C., 1990).

Resultados y discusión

1. **Colecta de los sustratos.** La paja de avena fue colectada en el Rancho San José, ubicado en el km. 2.5 de la carretera a Málaga, material que corresponde a la cosecha levantada en el año 2011, el bagazo de agave fue colectado en la vinata propiedad del Sr. Francisco Guzmán, ubicada en Puente Carretas, carretera Nombre de Dios, Dgo. y el aserrín de encino en un aserradero ubicado en el km. 4.5 de la carretera Panamericana, Durango-Mazatlán.

2. **Caracterización químico proximal de los sustratos paja de avena, bagazo de agave y aserrín de encino.** Se determinó el contenido de fibra detergente ácida (FDA), lignina (LDA) y celulosa de los sustratos potenciales. Los datos obtenidos de las determinaciones se presentan en la tabla 2.

Tabla 2. Determinación de fibra detergente acida (FDA), LDA y celulosa.

SUSTRATO*	FDA	LDA	CELULOSA
Paja de avena	51.3 (± 0.28)	8.7 (± 0.21)	42.1 (± 0.42)
Bagazo de agave	62.35 (± 0.35)	9.6 (± 14)	52.2 (± 0.21)
Aserrín de encino	73.9 (± 0.35)	11.3 (± 0.28)	63.2 (± 0.49)

*Los valores corresponden al promedio de las determinaciones y su respectiva desviación estándar.

El aserrín de encino, presentó el mayor contenido en compuestos parietales, lo que podría ser una limitante para el desarrollo del hongo, por lo que es necesaria la adición de sustratos con mayor contenido de carbohidratos solubles y nitrógeno, como la paja de avena; en caso del bagazo de agave, los contenidos de FDA, celulosa y LDA fueron menores al aserrín. La paja de avena presentó el menor contenido de estos componentes. Un alto porcentaje de lignina puede ser una limitante para el desarrollo del hongo *Pleurotus* sp.

3. Determinación de la producción de los tratamientos para la producción del hongo seta. Los tratamientos con más del 40% bagazo de Agave presentaron 60% de colonización en la cuarta semana, en el caso del aserrín el crecimiento micelial llevo ocho semanas. Los periodos prolongados de colonización y fructificación se asocian con la cantidad de compuestos parietales, menor contenido de nitrógeno y la baja capacidad de retención de agua. La tabla 3 se muestra de manera esquemática los registros de la primera fructificación, los valores de producción y EB promedio en los diferentes tratamientos.

Tabla 3. Promedios de los periodos de fructificación, producción y eficiencia biológica (EB%) del hongo *Pleurotus* sp., en los tratamientos.

Tratamientos	Primera fructificación en días	Periodo de producción en días	Fenológico en días	Producción promedio en gr.	EB (%)
T1	31	32	67	584.57	196.1
T2	41	29	76	383.72	113.9
T3	49	28	84	150.05	37.5
T4	24	33	61	412.64	144.1
T5	21	37	63	419.24	145.3
T6	36	35	75	401.34	138.9
T7	43	29	77	338.17	115.5
T8	49	24	69	388.02	123.2
T9	51	26	74	396.93	115.7
T10	58	29	84	251.46	72
T11	60	22	80	230.39	62.4
T12	60	14	80	156.75	52.3
T13	58	20	82	167.89	61.3
T14	37	31	73	223.62	77
T15	32	26	65	329.14	111.8

Los tratamientos T5 y T4 registraron la aparición de cuerpos fructíferos a los 21 y 24 días de iniciado el experimento, siendo los más precoces en su desarrollo al presentar cosechas a partir del día 26 y 28, resultando ambos tratamientos como los mejores en comparación con el resto,

al registrar las EB mayores. Desde el punto de vista nutricional, presentaron buena calidad con valores de PC entre 15.7 y 14%.

4. Caracterización químico proximal de los cuerpos fructíferos cosechados del total de los tratamientos. En la tabla 4 se presentan los resultados promedio del químico proximal de los hongos cosechados de los tratamientos.

Tabla 4. Caracterización químico proximal de cuerpos fructíferos cosechados.

Tratamientos	%H	%MS	%PC	%PV	%EE	%FC	%C	%ELN
T1	91.8(±0.51)	8.1(±0.51)	17.0(±0.15)	8.3(±0.10)	1.5(±0.11)	11.8(±0.35)	4.4(±0.11)	65.0(±0.19)
T2	90.6(±0.43)	9.3(±0.43)	10.6(±0.31)	5.4(±0.15)	1.3(±0.24)	12.1(±0.35)	5.7(±0.39)	70.0(±0.02)
T3	90.3(±0.56)	9.6(±0.56)	8.1(±0.33)	3.4(±0.10)	1.2(±0.37)	14.2(±0.21)	5.0(±0.10)	71.3(±0.27)
T4	91.9(±0.31)	8.0(±0.31)	15.8(±0.36)	7.7(±0.17)	1.2(±0.24)	11.5(±0.19)	4.3(±0.36)	67.0(±0.42)
T5	92.3(±0.6)	7.6(±0.6)	14.9(±0.16)	7.0(±0.17)	1.2(±0.70)	12.7(±0.49)	4.9(±0.13)	66.1(±0.45)
T6	90.9(±0.37)	9.0(±0.37)	13.6(±0.25)	6.6(±0.06)	1.2(±0.33)	11.2(±0.35)	5.2(±0.04)	68.6(±0.22)
T7	92.4(±0.31)	7.5(±0.31)	11.5(±0.18)	5.4(±0.12)	1.1(±0.07)	12.5(±0.21)	5.5(±0.31)	69.2(±0.63)
T8	90.6(±0.17)	9.3(±0.17)	11.3(±0.24)	5.3(±0.14)	1.3(±0.22)	12.6(±0.42)	5.3(±0.04)	69.4(±0.93)
T9	90.5(±0.18)	9.4(±0.18)	9.4(±0.32)	4.1(±0.12)	1.4(±0.02)	12.8(±0.43)	4.8(±0.20)	71.3(±0.58)
T10	91.8(±0.32)	8.1(±0.32)	8.8(±0.52)	4.0(±0.17)	1.3(±0.25)	13.6(±0.21)	4.8(±0.37)	71.3(±0.42)
T11	90.7(±0.35)	9.2(±0.35)	8.3(±0.04)	3.8(±0.48)	1.3(±0.20)	14.1(±0.04)	5.8(±0.39)	70.3(±0.28)
T12	91.1(±0.44)	8.8(±0.44)	9.1(±0.05)	3.9(±0.26)	1.3(±0.16)	13.7(±0.20)	4.7(±0.45)	71.1(±0.23)
T13	91.5(±0.24)	8.4(±0.24)	10.3(±0.19)	4.6(±0.05)	1.1(±0.7)	13.7(±0.42)	4.1(±0.34)	70.5(±0.20)
T14	90.8(±0.41)	9.1(±0.41)	14.0(±0.26)	7.1(±0.29)	1.2(±0.31)	12.45(±0.49)	4.3(±0.13)	67.8(±0.68)
T15	91.6(±0.46)	8.3(±0.46)	15.7(±0.27)	7.8(±0.19)	1.2(±0.05)	12.1(±0.42)	4.0(±0.1)	66.9(±0.19)

*Los valores corresponden al promedio de las determinaciones y su respectiva desviación estándar

González, et al. (2005) reportan contenidos de FDA en bagazo de Agave tequilana webwer var. azul del 46.67%, de los cuales el 41.9% corresponden a celulosa y el restante 7.2% a lignina; por su parte Flores (2009) cuantifico 66.27 y 62.12% de FDA para dos muestras de bagazo de la misma especie y variedad, en el presente estudio los valores de FDA fueron del 62.35% para el bagazo de Agave durangensis, 52.25% corresponde a celulosa y 9.60% a lignina, Por ello este residuo tiene potencial para el cultivo del hongo, de acuerdo con los criterios de selección mencionados por Saval (2010) y Bermúdez (2007), su disponibilidad en cantidad, composición fisicoquímica estable, bajo costo y de no requerir de tratamientos térmicos sofisticados. En el presente estudio, el aserrín de encino resultó ser un residuo nutricionalmente pobre, los valores

de PC no sobrepasan el 2% y el de ELN es bajo en comparación con el resto de los sustratos y aunado a ello el contenido de FDA fue de 73.7%, de los cuales el 62% corresponden a celulosa y el restante a lignina, datos que presentan correspondencia con los reportados por Schultz y Taylor (1990, citado por Mateo et al., 2002) reportan 65% de FDA para especies latifoliadas, donde se incluye al encino, lo que influyó en la fenología y producción del hongo. La combinación de este sustrato con otros de mayor contenido de nitrógeno como la paja de avena, permitiría su aprovechamiento para el cultivo de hongos comestibles.

De acuerdo con Rajarathnam (1986, citado por Garzón y Cuervo, 2008) la relación de carbono/nitrógeno (C/N) depende de la fase en la que se encuentra la cepa, altas relaciones C/N favorecen a los periodos de colonización, mientras que niveles bajos son requeridos durante el desarrollo de cuerpos fructíferos, lo que confirma lo planteado con anterioridad. En el presente estudio se observó que el desarrollo micelial en materiales pobres en contenido de nitrógeno y poca disposición de fuentes solubles de carbono como el aserrín de encino, se vio limitado, por lo que los tiempos de incubación se prolongaron afectando las EB, tal es el caso de T3 (100% aserrín) al registrar una EB promedio del 37.5% durante un periodo de fructificación y cosecha de 28 días. La baja EB de este tratamiento testigo se atribuye a que la fase de colonización se prolongó hasta el día 56 de iniciado el proceso, sin embargo, este valor es superior al reportado por Garzón y Cuervo (2008) quienes obtuvieron una EB del 4.8% para un sustrato similar. En general, las setas producidas presentaron un buenos contenidos de PC, cuyos valores oscilaron entre el 8.3% que correspondientes a T3 (100% aserrín) y el 17% de T1 (100% paja de avena) considerando el nitrógeno presente y disponible en los sustratos. Gaitán et al. (2006) mencionan que los hongos del género *Pleurotus* sp. pueden alcanzar valores de hasta un 26% de proteína, mientras que Delgado (2002) reporta porcentajes de entre 10.5-30.4%. En el presente estudio, los hongos cultivados en bagazo de agave cuya proporción superaba el 40% presentaron porcentajes entre el 9.40 y el 13.63%, los cuales se consideran aceptables al hacer un comparativo con los valores reportados por Baena (2005) quien obtuvo porcentajes de PC entre el 18.37 y 20.38% para setas cosechadas sobre bagazo de Agave verde salmiana adicionado con fuentes inorgánicas de nitrógeno.

Referencias

Association Official Analytical Chemists (A.O.A.C.) 1990. Fifteenth edition. Ed. Kenneth Helrich. U. S. A. 1930-38.

Baena, G. 2005. Aprovechamiento del bagazo del maguey verde (*Agave Salmiana*) de la agroindustria del mezcal en San Luis Potosí para la producción de hongo ostra (*Pleurotus ostreatus*). Tesis de licenciatura. Instituto potosino de investigación Científica y Tecnológica, A.C.102. p

Bautista, R.; Bautista, G.; Mora, V.; López, E. y Portugal D. 2007. Uso de la paja de arroz como sustrato para el cultivo de *Pleurotus ostreatus* en Morelos. Memorias en extenso VI Congreso Internacional y XII Nacional de Ciencias Ambientales. Pp.867-869

Bermúdez, S.; García O.; Mourlot L.2007. Fermentación sólida para la producción de *Pleurotus* sp. sobre mezclas de pulpa de café y viruta de cedro. *Tecnología Química*. Centro de Estudios de Biotecnología Industrial. (27):55-62.

Cohen, R. Persky, L. y Hadar. 2002. Biotechnological applications and potential of wood-degrading mushrooms of the genus *Pleurotus*. *Appl Microbiol Biotechnol*. (58):582–594.

Delfín, A. y Durán, B. 2003. Biodegradación de residuos urbanos lignocelulósicos por *Pleurotus*. *Revista Internacional de contaminación Ambiental*. Universidad Nacional Autónoma de México. Distrito Federal.(19). 37-45.

Delgado, A. 2002. Características nutrimentales de hongos comestibles silvestres de la región de El Salto, Pueblo Nuevo, Dgo. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias Químicas, universidad Juárez del Estado de Durango.

Gaitán, R., Salmones D, Pérez M. y Mata G, 2006. Manual práctico del cultivo de setas: aislamiento, siembra y producción. Instituto de Ecología, A.C. Xalapa, Ver., México, 56 pp.

Garzón, G. y Cuervo, A. 2008. Producción de *Pleurotus ostreatus* sobre residuos sólidos lignocelulósicos de diferente procedencia. *NOVA - Publicación Científica En Ciencias Biomédicas - ISSN:1794-2470*. (6):126-140.

González, G; González, R. 2005, Potencial del bagazo de Agave tequilero para la producción de biopolímeros y carbohidrasas por bacterias celulolíticas y para la obtención de compuestos fenólicos. *Revista Digital Científica Tecnológica e-GNOSIS*. Vol. 3 (2005) Universidad de Guadalajara. ISSN:1665-5745. Pp. 1-18.

Marques, S. 2010. Valorización de diferentes cultivos lignocelulósicos para la fabricación de pasta de papel: Caracterización química, modificación estructural de sus constituyentes orgánicos durante los procesos de cocción y blanqueo y aplicaciones biotecnológicas. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias Químicas, Universidad de Sevilla. 277 p.

Mateo, S, Cobos, P.; Trinidad, S.; Cetina, A.y Vargas, H. 2002. Aislamiento de bacterias ruminales degradadoras del aserrín. *Agrociencia*. (36):523-530.

Monroy H. y Viniegra G. 1990. *Biotecnología para el aprovechamiento de los desperdicios orgánicos*. ISBN-10-968463000X.Mexico.

^aNaranjo, J.; Herrera, C.; Almaraz, A.; Uribe, S. 2009. Cultivo de setas en la comunidad menonita de Nuevo Ideal, Durango, México, I Congreso Latinoamericano de Etnobiología y VII Congreso Mexicano de Etnobiología. Pachuca Hgo, México.

^bNaranjo, J.; Díaz, M. y Herrera, C. Cultivo de hongos comestibles: experiencia en la sierra de Durango, Dgo. México. I Congreso Internacional de Desarrollo comunitario “La sustentabilidad y los retos ante la globalización. Memorias en extenso. 3 p.

°Naranjo, J., González, G.; Herrera, C.; Almaraz, A. y Uribe, S. 2009.cultivo de setas, en la comunidad del ejido San Antonio y anexos, Durango. X Congreso

Ravera, C.; Bettera, C.; Fernández, M. Estive, E. y Piñeda, H.2008. Aprovechamiento de los residuos agrícolas, procesamiento de la caja del maní, su conversión biológica y productos. Memorias en extenso del I simposio Iberoamericano de Ingeniería de Residuos. Departamento de Tecnología Química, Facultad de Ingeniería Universidad Nacional de Río Cuarto, Córdoba, Argentina.

Saval, S. 2012. Aprovechamiento de Residuos Agroindustriales: Pasado, Presente y Futuro. Revista de la sociedad Mexicana Biotecnología y Bioingeniería A.C. ISSN 0188-4786. (16):Pp14-46.

Statsoft, Inc. 2004. STATISTICA (data analysis software system), version 7. www.statsoft.com.
Yepes, S. Montoya N. Orozco S. 2008. Valorización de residuos agroindustriales -frutas- en medellín y el sur del valle del Aburrá, Colombia. Revista Facultad Nacional de Agronomía – Medellín. Medellin, Colombia. (61): 4422-4431.

Información Legal

Innovación & Sustentabilidad Tecnológica, Año I, Número I, diciembre 2014 - noviembre 2015, es una publicación anual editada y publicada por el Instituto Tecnológico Superior de Misantla, Km. 1.8 Carretera a Loma del Cojolite, Col. Centro, Misantla, Veracruz. México, C.P. 93821, Teléfono 01 232 323 1545, correo electrónico jogeronb@itsm.edu.mx, página web www.itsm.edu.mx www.ott.itsm.edu.mx. Editor

responsable: Ing. Erika Adrienne Bandala Martínez. Reserva de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2014–102010173800-102, ISSN en trámite, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Responsable de la última actualización de este Número, Centro de Innovación & Transferencia de Tecnología ITSM, Ing. Erika Adrienne Bandala Martínez, Km. 1.8 Carretera a Loma del Cojolite, Col. Centro, Misantla, Veracruz. México, C.P. 93821, fecha de última modificación, 30 de enero de 2015.

Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor de la revista.

Queda prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación sin previa autorización del Instituto Tecnológico Superior de Misantla.